

**RANCANGAN ACAK KELOMPOK TAK LENGKAP
SEIMBANG PARSIAL (RAKTLSP) DAN PENERAPANNYA**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna memperoleh gelar Sarjana Sains



Oleh:
Suswantari
07305141036

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
MEI 2014**

**RANCANGAN ACAK KELOMPOK TAK LENGKAP
SEIMBANG PARSIAL (RAKTLSP) DAN PENERAPANNYA**

SKRIPSI

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
untuk memenuhi sebagian persyaratan
guna memperoleh gelar Sarjana Sains



Oleh:
Suswantari
07305141036

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
MEI 2014**

PERSETUJUAN

SKRIPSI

**RANCANGAN ACAK KELOMPOK TAK LENGKAP SEIMBANG PARSIAL
(RAKTLSP) DAN PENERAPANNYA**

Oleh:

Suswantari

07305141036

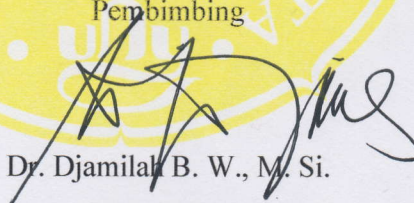
Telah memenuhi syarat dan siap untuk diujikan.

Disetujui pada:

Hari/Tanggal: 29 April 2014



Pembimbing


Dr. Djamilah B. W., M. Si.

196103031986012001

PENGESAHAN

SKRIPSI DENGAN JUDUL:

“RANCANGAN ACAK KELOMPOK TAK LENGKAP SEIMBANG PARSIAL (RAKTLSP) DAN PENERAPANNYA”

Yang Disusun Oleh:


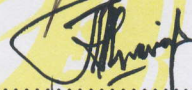

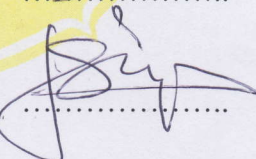
Nama : Suswantari

NIM : 07305141036

Prodi : Matematika

Skripsi ini telah diuji di depan Dewan Penguji Skripsi pada tanggal 9 Mei 2014 dan dinyatakan lulus.

Dewan Penguji

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Djamilah Bondan W. 196103031986012001	Ketua Penguji		26/5-2014
Atmini Dhoruri, M. S. 196007101986012001	Sekretaris Penguji		26/05/2014..
Elly Arliani, M. Si. 196708161992032001	Penguji Utama		23/05/2014..
Endang Listyani, M. S. 195911151986012001	Penguji Pendamping		22/05/2014..

Yogyakarta, 28 Mei 2014

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dekan



Dr. Hartono

NIP. 196203291987021002

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Suswantari

NIM : 07305141036

Prodi : Matematika

Judul Skripsi : Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang Parsial
(RAKTLSP) dan Penerapannya

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil kerja sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang dipublikasikan atau dipergunakan sebagai persyaratan penyelesaian studi di perguruan tinggi kecuali pada bagian-bagian tertentu yang saya ambil sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya dan saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 28 April 2014

Yang Menyatakan

Suswantari

MOTTO

*“Bahwa tiada yang orang dapatkan kecuali yang ia usahakan, dan
bahwa usahanya akan kelihatan nantinya”*

(Q. S. An Najm: 39 - 40)

*“Barang siapa merintis jalan mencari ilmu, maka Allah akan
memudahkan baginya jalan ke surga”*

(HR Muslim)

*“Ilmu didapat dari lidah bagi yang gemar bertanya dan melalui
akal bagi yang suka berfikir”*

(Abdullah bin Abbas r.a)

PERSEMBAHAN

Setiap goresan tinta ini adalah wujud dari keagungan dan kasih sayang
yang diberikan Allah SWT kepada umatNya.

Setiap detik waktu menyelesaikan karya tulis ini merupakan doa kedua
orang tua hebatku, Ibu Siti dan Bapak Slamet.

Setiap pancaran semangat dalam penulisan karya ini adalah dorongan dari
suami terkasih, Mas Tiok, dan si kecil tercinta kami, Abyaz.

Setiap huruf dari skripsi ini adalah kasih sayang dan keikhlasan dari
mertua terhormat Bapak Pardjo dan Ibu Suji, serta Budhe Ika.

Setiap lembar tulisan ini adalah wujud perhatian dan kepedulian dari Alm.
Bapak Sugeng serta para sahabatku Vinta, Triska, En-En, SOV, Arin, dan
teman-teman almamater.

RANCANGAN ACAK KELOMPOK TAK LENGKAP SEIMBANG PARSIAL (RAKTLSP) DAN PENERAPANNYA

Oleh:
Suswantari
07305141036

ABSTRAK

Suatu rancangan percobaan disebut sebagai Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap (RAKTL) apabila tidak semua taraf perlakuan muncul pada semua kelompok. Jika banyak ulangan dari semua pasang taraf perlakuan sama, maka rancangan yang memuatnya disebut Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang (RAKTLS). Suatu RAKTL dengan a taraf perlakuan dikatakan seimbang parsial dengan m -associate classes apabila taraf-taraf perlakuan tersebut dapat disusun atau dikelompokkan menjadi b kelompok dengan masing-masing kelompok terdiri dari k taraf perlakuan ($k < a$) sedemikian sehingga: (a) setiap taraf perlakuan muncul paling banyak satu kali dalam satu kelompok, (b) setiap taraf perlakuan muncul pada r kelompok, (c) sebarang dua taraf perlakuan yang merupakan i^{th} associates muncul bersama dalam kelompok yang sama sebanyak λ_i kali. Rancangan yang demikian disebut dengan Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang Parsial (RAKTLSP).

Langkah analisis variansi pada RAKTLSP adalah: (1) menentukan hipotesis, (2) menentukan taraf signifikansi, (3) menentukan statistik uji, (4) menentukan kriteria keputusan, (5) melakukan perhitungan, (6) menyusun tabel analisis variansi, (7) menarik kesimpulan dari hasil yang diperoleh. Pada RAKTLSP pengujian dikhususkan untuk menguji pengaruh dari taraf perlakuan terhadap respon yang diamati.

Penerapan RAKTLSP pada bidang otomotif misalnya percobaan untuk mengetahui apakah ada pengaruh pemberian pelumas merk tertentu (merk A, B, C, D, E, F, G, H, dan merk I) terhadap kinerja mesin motor. Pelumas-pelumas tersebut diujikan pada 9 unit motor. Karena keterbatasan waktu, satu unit motor hanya diuji dengan 3 merk pelumas. Satu pelumas diujikan satu kali pada satu unit motor dan digunakan untuk menguji 3 unit motor yang berbeda. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa pelumas dengan merk tertentu tidak berpengaruh terhadap kinerja mesin motor. Penerapan pada bidang psikologi misalnya percobaan untuk mengetahui apakah ada pengaruh *sleep deprivation* terhadap ketahanan tangan. *Sleep deprivation* adalah kondisi dimana seorang individu tidak dapat mencapai waktu tidur lebih dari 6 jam per malam. Ada 9 level *sleep deprivation* (4 jam; 3,5 jam; 3 jam; 2,5 jam; 2 jam; 1,5 jam; 1 jam; 0,5 jam; dan 0 jam) pada 9 subjek penelitian. Subjek-subjek tersebut kemudian dikelompokkelompokkan, dimana satu kelompok terdiri dari 3 level *sleep deprivation*. Satu level *sleep deprivation* diulang tiga kali pada kelompok yang berbeda, sehingga didapatkan 9 kelompok. Dari hasil perhitungan diketahui bahwa paling sedikit ada satu level *sleep deprivation* yang berpengaruh terhadap ketahanan tangan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang Parsial (RAKTLSP) dan Penerapannya”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains Program Studi Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.

Tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Hartono selaku Dekan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan kelancaran dan kemudahan dalam urusan akademik.
2. Bapak Dr. Sugiman selaku Ketua Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi.
3. Bapak Dr. Agus Maman Abadi selaku koordinator Program Studi Matematika FMIPA UNY yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan akademik.
4. Ibu Dr. Djamilah Bondan W., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan masukan hingga terselesaikannya skripsi ini. Semoga dedikasi dan ilmu yang diajarkan menjadi amal jariyah.

5. Ibu Elly Arliani, M. Si. selaku penguji utama, Ibu Endang Listyani, M. S. selaku penguji pendamping, Ibu Atmini Dhoruri, M. S. selaku sekretaris penguji yang memberikan berbagai masukan dan arahan yang sangat membangun.
6. Ibu Atmini Dhoruri, M. S. selaku Penasehat Akademik yang selalu memberikan arahan dan masukan pada saat berkonsultasi KRS maupun urusan akademik lainnya.
7. Seluruh dosen Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY yang telah memberikan ilmunya selama kuliah.
8. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini banyak kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun dan menyempurnakan sangat penulis butuhkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Yogyakarta, 12 Mei 2014

Penulis

Suswantari

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	 1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Batasan Masalah.....	4
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan.....	5
E. Manfaat	6
 BAB II LANDASAN TEORI	 7
A. Rancangan Percobaan.....	7

B. Prinsip Rancangan Percobaan.....	8
C. Analisis Variansi.....	9
D. Pengujian Hipotesis.....	15
E. Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang.....	16
F. Konsep Association Class dari RAKTLSP.....	23
BAB III PEMBAHASAN	25
A. Pengertian dan Gambaran Umum RAKTLSP.....	25
B. Model Linear dari RAKTLSP.....	26
C. Analisis Variansi dari RAKTLSP.....	27
D. Penerapan RAKTLSP.....	30
BAB IV PENUTUP	54
A. Kesimpulan.....	54
B. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Plot e_{ij} dengan \hat{Y}_{ij}	13
Gambar 2. Plot e_{ij} dengan \hat{Y}_{ij} Percobaan 1	35
Gambar 3. Plot Peluang Normal e_{ij} dengan h_i Percobaan 1	36
Gambar 4. Plot e_{ij} dengan \hat{Y}_{ij} Percobaan 2	47
Gambar 5. Plot Peluang Normal e_{ij} dengan h_i Percobaan 2	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Contoh RAKTLS.....	17
Tabel 2. Tabel Analisis variansi RAKTLS.....	22
Tabel 3. Analisis Variansi RAKTLSP.....	29
Tabel 4. Penyusunan Tiga Kelompok Pertama (Percobaan 1).....	31
Tabel 5. Penyusunan Tiga Kelompok Kedua (Percobaan 1).....	31
Tabel 6. Penyusunan Tiga Kelompok Ketiga (Percobaan 1).....	32
Tabel 7. Data Pengamatan Kecepatan yang Dihasilkan Motor.....	32
Tabel 8. <i>Association class</i> dari Percobaan 1.....	34
Tabel 9. Perhitungan Analisis dari Percobaan 1.....	37
Tabel 10. Tabel Analisis Variansi Percobaan Otomotif.....	40
Tabel 11. Penyusunan Tiga Kelompok Pertama (Percobaan 2).....	44
Tabel 12. Penyusunan Tiga Kelompok Kedua (Percobaan 2).....	44
Tabel 13. Penyusunan Tiga Kelompok Ketiga (Percobaan 2).....	44
Tabel 14. Data Pengamatan Banyaknya Ujung Tongkat Menyentuh Tepi Piringan Target.....	45
Tabel 15. <i>Association class</i> dari Percobaan 2.....	46
Tabel 16. Perhitungan Analisis dari Percobaan 2.....	49
Tabel 17. Tabel Analisis Variansi dari Percobaan Psikologi.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Distribusi F pada Taraf 0.05 dan 0.01 (Baris atas untuk $\alpha = 0.05$ dan baris bawah untuk $\alpha = 0.01$)	59
Lampiran 2. Tabel Perhitungan Percobaan 1	63
Lampiran 3. Tabel Perhitungan Percobaan 1	64

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Ilmu Statistika telah banyak diterapkan di berbagai aspek kehidupan, terutama dalam bidang penelitian. Ilmu Statistika merupakan ilmu yang berkaitan dengan pengembangan dan penggunaan metode serta teknik untuk pengumpulan, penyajian, pengolahan, analisis, dan pengambilan kesimpulan mengenai sekumpulan data. Menurut Gaspersz (1991: 5), alasan penggunaan Statistika dalam penelitian misalnya dikarenakan banyak unit percobaan besar, terbatasnya sumber dana, atau terbatasnya sumber daya yang mengakibatkan penelitian sukar dilakukan secara menyeluruh untuk semua populasi, sehingga hanya diambil beberapa sampel dari suatu populasi.

Penelitian bertujuan untuk memperoleh keterangan bagaimana respons yang akan diberikan oleh suatu objek pada berbagai keadaan tertentu yang ingin diperhatikan peneliti. Respons yang diberikan suatu objek pada suatu penelitian tidak akan lepas dari keragaman alami yang dimiliki oleh objek tersebut. Sudjana (1985: 7) mengatakan bahwa pengaruh berbagai faktor juga tidak dapat dibuat persis sama untuk setiap objek dalam percobaan, meskipun pemberian perlakuan serta keadaan lingkungan telah ditentukan dan diatur dengan cermat. Hal ini dapat mengakibatkan kesalahan, sehingga kesimpulan tidak sesuai dengan yang seharusnya didapatkan.

Diperlukan suatu metode atau perencanaan ilmiah untuk meminimalkan kesalahan yang mungkin terjadi pada saat penelitian agar didapatkan suatu

kesimpulan yang sesuai. Rancangan percobaan adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi hal tersebut. Menurut Gaspersz (1991), rancangan percobaan merupakan pengaturan pemberian perlakuan pada unit-unit percobaan dengan tujuan agar keragaman respon yang ditimbulkan oleh keadaan lingkungan dan keheterogenan bahan percobaan yang digunakan dapat diminimalisir.

Terdapat berbagai macam rancangan percobaan. Rancangan yang lazim digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL). RAL digunakan apabila kondisi unit percobaan relatif homogen dan banyak taraf perlakuan sedikit. Sedangkan RAKL digunakan apabila kondisi unit percobaan relatif heterogen dan diperlukan suatu pengelompokan untuk mengendalikan homogenitasnya.

Rancangan-rancangan percobaan tersebut juga memiliki beberapa model, yaitu model tetap, acak, dan campuran. Jika faktor bersifat tetap, yaitu semua taraf perlakuan ditetapkan oleh peneliti, maka dikatakan bahwa model yang digunakan adalah model tetap. Apabila faktor bersifat acak, yaitu semua taraf perlakuan dipilih secara acak, maka model yang digunakan adalah model acak. Sedangkan, apabila sebagian faktor bersifat tetap dan sebagian faktor lainnya bersifat acak, maka model yang digunakan adalah model campuran.

Menurut Gaspersz (1991: 278), RAL dan RAKL menjadi kurang efisien apabila taraf perlakuan bertambah banyak. Bertambahnya taraf perlakuan akan menyebabkan bertambahnya unit-unit percobaan. Penambahan unit-unit

percobaan akan meningkatkan heterogenitas di antara unit percobaan. Hal tersebut mengakibatkan galat yang dihasilkan akan semakin besar.

Digunakan rancangan-rancangan tidak lengkap untuk mengatasi permasalahan yang timbul sehubungan dengan bertambahnya taraf perlakuan, seperti kekurangan bahan atau satuan percobaan, kesulitan mengendalikan galat percobaan apabila taraf perlakuan bertambah banyak, dan permasalahan lainnya. Menurut Montgomery (1976: 165), jika tidak semua taraf perlakuan muncul pada setiap kelompok, maka dikatakan bahwa rancangan yang memuatnya adalah rancangan acak kelompok tidak lengkap (RAKTL). Das & Giri (1979: 153) mengatakan bahwa jika banyak ulangan dari semua pasang taraf perlakuan pada RAKTL sama, maka RAKTL yang memuatnya disebut rancangan acak kelompok tak lengkap seimbang (RAKTLS).

RAKTLS tidak selalu cocok untuk percobaan karena rancangan ini mengharuskan pasangan perlakuan muncul dengan frekuensi yang sama pada sejumlah kelompok. Untuk mengatasinya, digunakan Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang Parsial (RAKTLS_P).

Suatu RAKTL dengan a taraf perlakuan dikatakan seimbang parsial dengan m -associate classes apabila taraf-taraf perlakuan tersebut dapat disusun atau dikelompokkan menjadi b kelompok dengan masing-masing kelompok terdiri dari k taraf perlakuan ($k < a$) sedemikian sehingga: (a) setiap taraf perlakuan muncul paling banyak satu kali dalam satu kelompok, (b) setiap taraf perlakuan muncul pada r kelompok, (c) sebarang dua taraf perlakuan yang merupakan i^{th} associates muncul bersama dalam kelompok

yang sama sebanyak λ_i kali. Rancangan yang demikian disebut dengan Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang Parsial (RAKTLSP).

Dwivedi (<http://iasri.res.in/>) mengklasifikasikan RAKTLSP ke dalam beberapa tipe berdasarkan *association class*-nya. RAKTLSP dengan 2-*associate classes* disebut dengan RAKTLSP(2), RAKTLSP dengan 3-*associate classes* disebut dengan RAKTLSP(3), RAKTLSP dengan 4-*associate classes* disebut dengan RAKTLSP(4). Pada skripsi ini pembahasan dibatasi pada RAKTLSP(2).

Menurut Das & Giri (1979: 181), sebarang dua perlakuan dalam grup yang sama merupakan *first associate* dan sebarang dua perlakuan dalam grup yang berbeda merupakan *second associate*.

Sebagai contoh, sebuah percobaan dilakukan untuk menyelidiki pengaruh pelumas motor terhadap kemampuan kinerja mesin motor. Ada sembilan merk pelumas yang dipilih untuk diujikan pada sembilan unit motor. Idealnya, kesembilan merk pelumas tersebut diujikan secara bergantian pada kesembilan motor. Akan tetapi, karena keterbatasan waktu, satu unit motor hanya bisa diisi tiga pelumas secara bergantian. Motor dianggap sebagai kelompok. Untuk mendapatkan ketelitian yang cukup tinggi, peneliti menyusun sembilan pelumas sedemikian sehingga setiap pelumas muncul paling banyak satu kali dalam satu kelompok, setiap pelumas muncul pada tiga kelompok, satu pelumas muncul bersama dengan enam pelumas merk lain sebanyak satu kali, dan pelumas tersebut tidak muncul bersama dengan dua pelumas sisanya. Kasus ini dapat diuji menggunakan RAKTLSP.

RAKTLSP dan penerapannya belum banyak dibahas, khususnya dalam perkuliahan Rancangan Percobaan di Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY. Wawasan untuk hal ini penting bagi mahasiswa S1 program studi Matematika karena rancangan percobaan dengan kasus perlakuan banyak akan ditemukan dalam suatu penelitian di lapangan. Oleh karena itu, pada penulisan skripsi ini, akan dibahas mengenai Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang Parsial (RAKTLSP) dan penerapannya.

B. Batasan Masalah

Pembahasan pada penulisan skripsi dibatasi pada RAKTLSP(2), yaitu RAKTLSP dengan *2-associate classes* dengan model tetap.

C. Rumusan Masalah

- a. Bagaimana langkah analisis variansi RAKTLSP?
- b. Bagaimana contoh penerapan RAKTLSP?

D. Tujuan

- a. Menjelaskan langkah analisis variansi RAKTLSP.
- b. Menjelaskan contoh penerapan RAKTLSP.

E. Manfaat

1. Bagi Mahasiswa

Bertambahnya wawasan tentang Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang Parsial (RAKTLSP) sebagai bahan pemikiran dalam mempelajari dan mengembangkan ilmu perancangan percobaan.

2. Bagi Jurusan Pendidikan Matematika FMIPA UNY

Dapat menambah koleksi pustaka yang berkaitan dengan perancangan percobaan.

BAB II

LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan dijelaskan beberapa teori yang mendukung dalam pembahasan rancangan acak kelompok tak lengkap seimbang parsial (RAKTLSP), yang meliputi rancangan percobaan, prinsip rancangan percobaan, analisis variansi, pengujian hipotesis, dan rancangan acak kelompok tak lengkap seimbang.

A. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan merupakan suatu proses yang dipergunakan untuk mengumpulkan atau memperoleh data dalam penelitian (Yitnosumarto, 1993:3). Proses untuk mengumpulkan data dilakukan dengan pengaturan pemberian perlakuan pada unit-unit percobaan dengan maksud agar keragaman respons yang ditimbulkan oleh keadaan lingkungan dan keheterogenan bahan percobaan yang digunakan dapat diminimalisir.

Untuk melakukan suatu percobaan yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, maka harus diperhatikan tahap-tahap perencanaan percobaan. Tahap-tahap perencanaan percobaan tersebut adalah:

1. Pemilihan perlakuan.
2. Pemilihan unit eksperimen, jumlah ulangan, sampel (rancangan percobaan).
3. Pemilihan peubah yang akan diukur.
4. Pemilihan usaha-usaha yang perlu dilakukan agar antar unit perlakuan

tidak terjadi saling mempengaruhi.

5. Penentuan tabel pengamatan yang akan dibuat dan garis besar cara analisisnya.

B. Prinsip Rancangan Percobaan

Data yang dianalisis dalam rancangan percobaan dikatakan sah apabila data tersebut diperoleh dari suatu percobaan yang memenuhi tiga prinsip dasar, yaitu adanya pengacakan, pengulangan, dan pengendalian lokal (Gaspersz, 1991). Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing prinsip tersebut:

1. Pengacakan

Pengacakan dimaksudkan agar setiap unit percobaan memiliki peluang yang sama untuk memperoleh suatu perlakuan. Pengacakan merupakan syarat agar data yang diperlukan dapat dianalisis untuk pengujian. Pengacakan perlakuan pada unit-unit percobaan dapat menggunakan tabel bilangan acak, sistem lotere secara manual, atau dapat juga menggunakan komputer.

Fungsi pengacakan adalah:

- a. Memperkecil kemungkinan terjadi korelasi antar pengamatan dan korelasi antar galat.
- b. Terpenuhinya asumsi independensi.
- c. Meningkatkan objektivitas peneliti dalam memberikan perlakuan pada materi percobaan yang tersedia, sehingga diperoleh hasil percobaan

yang valid.

2. Pengulangan

Apabila suatu perlakuan muncul lebih dari sekali dalam suatu percobaan, maka dikatakan perlakuan tersebut mempunyai ulangan.

Tujuan dari adanya pengulangan adalah:

- a. Meningkatkan ketelitian percobaan dengan memperkecil simpangan baku dari rata-rata perlakuan.
- b. Memperluas daya cakup penarikan kesimpulan percobaan.
- c. Mengendalikan ragam galat.

Banyaknya ulangan dalam suatu percobaan tergantung pada derajat ketelitian percobaan yang diinginkan, homogenitas materi percobaan, jumlah perlakuan, macam rancangan yang digunakan, biaya, dan tenaga yang tersedia.

3. Pengendalian lokal (*local control*)

Pengendalian lokal (*local control*) adalah usaha untuk mengendalikan keragaman yang muncul akibat keheterogenan kondisi lingkungan. Usaha-usaha pengendalian lingkungan yang dapat dilakukan antara lain dengan melakukan pengelompokan satu arah, dua arah, maupun multiarah.

C. Analisis Variansi

Analisis variansi merupakan teknik untuk menguji kesamaan beberapa rata-rata (Walpole, 1993: 382). Analisis variansi digunakan untuk membandingkan keragaman yang ada di antara sampel dan keragaman yang

ada di dalam sampel. Apabila keragaman di antara sampel lebih besar daripada keragaman di dalam sampel, populasi dikatakan mempunyai rata-rata yang berbeda.

Konsep analisis variansi didasarkan pada konsep distribusi F. Sedangkan data yang dipelajari dalam analisis variansi dapat diklasifikasikan atas satu, dua, atau banyak-arah. Dengan demikian, kita mengenal analisis variansi satu, dua atau multi-arah.

Ada beberapa asumsi yang mendasari analisis variansi. Menurut Cochran & Cox (1957: 91), asumsi-asumsi tersebut adalah pengaruh perlakuan dan lingkungan bersifat aditif serta galat percobaan menyebar normal. Sedangkan menurut Hanafiah (2004: 13), asumsi pertama adalah galat percobaan menyebar secara acak, saling bebas, dan normal. Asumsi kedua adalah ragam bersifat homogen. Asumsi ketiga adalah ragam dan rata-rata saling bebas (tidak menunjukkan adanya korelasi). Sedangkan asumsi yang keempat adalah pengaruh-pengaruh utama dan lingkungan (*main effects*) bersifat aditif.

Dari beberapa pendapat tersebut, maka asumsi-asumsi dalam analisis variansi adalah galat percobaan memiliki ragam yang homogen, galat percobaan saling bebas, galat percobaan menyebar normal, serta pengaruh perlakuan dan lingkungan bersifat aditif.

Akan timbul kesulitan apabila banyak asumsi dalam analisis variansi tidak terpenuhi. Jika asumsi-asumsi itu ternyata tidak dipenuhi, tentu kesimpulan-kesimpulan dari analisis variansi tidak berlaku dan menyimpang dari yang seharusnya. Untuk itu, asumsi-asumsi dalam analisis variansi seharusnya

sudah diperiksa atau diuji terlebih dahulu sebelum melakukan analisis variansi.

Berikut ini adalah penjelasan dari pengujian mengenai asumsi-asumsi dalam analisis variansi:

1. Galat percobaan memiliki ragam yang homogen

Metode untuk menguji homogenitas ragam adalah uji Bartlett. Uji Bartlett ditempuh berdasarkan sampel acak berukuran n_i yang masing-masing telah diambil dari populasi ke i ($i = 1, 2, \dots, t$) yang berdistribusi normal (Sudjana, 1985: 49). Jadi, sebelum uji Bartlett dilakukan, harus diperiksa terlebih dahulu normalitas populasinya.

Prosedur pengujian hipotesis untuk uji Bartlett adalah sebagai berikut:

a. Merumuskan hipotesis

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_t^2 \text{ (ragam semua perlakuan sama)}$$

$$H_0: \sigma_i^2 \neq \sigma_{i'}^2, i \neq i', i = 1, 2, \dots, t \text{ (minimal ada satu perlakuan yang ragamnya tidak sama dengan yang lain)}$$

b. Menentukan taraf nyata: α

c. Menentukan statistik uji:

$$\chi^2 = (\ln 10) \{ [\sum r_i - 1] \log(s^2) - \sum (r_i - 1) \log(s_i^2) \} \quad (2.1)$$

$$s^2 = \frac{\sum (r_i - 1) s_i^2}{\sum (r_i - 1)} \quad (2.2)$$

$$s_i^2 = \frac{\sum_j (Y_{ij} - \bar{Y}_{i.})^2}{r_i - 1} = \frac{r_i \sum Y_{ij}^2 - (\sum Y_{i.})^2}{r_i(r_i - 1)} \quad (2.3)$$

d. Menentukan kriteria keputusan

$$H_0 \text{ ditolak jika } \chi^2_{\text{terkoreksi}} = \frac{1}{FK} (\chi^2_{\text{hitung}}) > \chi^2_{\alpha(t-1)},$$

$$\text{dengan: } FK = 1 + \left[\frac{1}{3(t-1)} \right] \left[\sum \left(\frac{1}{r_i - 1} \right) - \frac{1}{\sum (r_i - 1)} \right] \quad (2.4)$$

2. Galat percobaan saling bebas

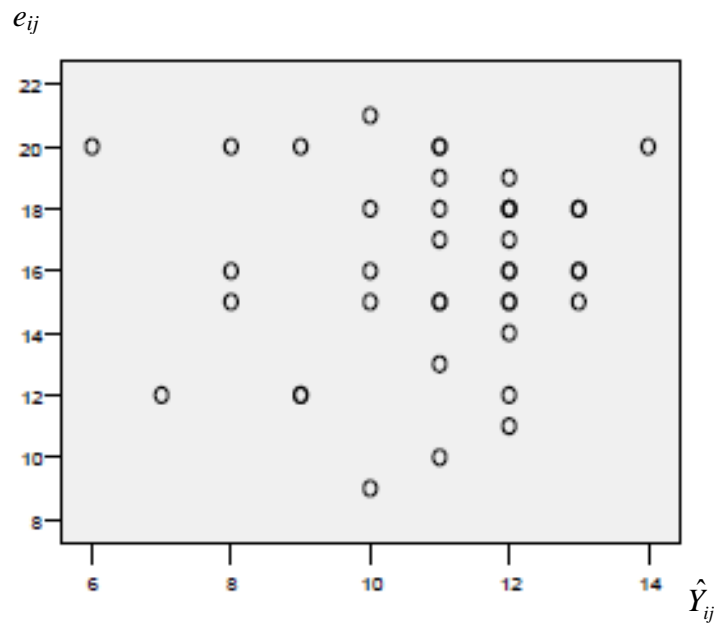
Asumsi mengenai galat untuk analisis variansi adalah $\varepsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$.

Hal ini berarti bahwa selain ε_{ij} mempunyai rata-rata yang sama dengan nol dan ragam σ^2 , ε_{ij} juga berdistribusi normal dan tidak berkorelasi.

Salah satu usaha untuk mencapai sifat saling bebas ini adalah dengan melakukan pengacakan terhadap observasi. Akan tetapi, jika masih ragu untuk melihat keacakan galat percobaan, dapat dibuat plot antara nilai dugaan galat (e_{ij}) dengan nilai dugaan respons (\hat{Y}_{ij}). Apabila plot yang dibuat tidak membentuk suatu pola tertentu, maka dapat dikatakan bahwa galat percobaan cenderung saling bebas.

Selain untuk melihat kebebasan galat, plot nilai dugaan respons juga dapat digunakan untuk melihat kehomogenan ragam galat. Apabila plot yang dihasilkan tidak membentuk pola tertentu, maka dapat dikatakan bahwa ragam galat cenderung homogen.

Berikut ini adalah contoh plot antara nilai dugaan galat (e_{ij}) dengan nilai dugaan respons (\hat{Y}_{ij}) yang tidak membentuk pola tertentu:



Gambar 1. Plot e_{ij} dengan \hat{Y}_{ij}

3. Galat percobaan menyebar normal

Secara visual, kecenderungan kenormalan galat dapat dilihat dari plot peluang normal (plot kuartil-kuartil atau plot $Q-Q$). Bila titik-titik amatan mengikuti arah garis diagonal, maka galat cenderung menyebar normal.

Berikut adalah langkah-langkah untuk membuat plot peluang normal:

- a. Menghitung e_i dan h_i , dengan:

$$e_i = Y_{ij} - \bar{Y}_{ij} \quad (2.5)$$

$$h_i = \sqrt{KTG} \left[z \left(\frac{i - 0,375}{n + 0,25} \right) \right] \quad (2.6)$$

$$KTG = JKG / db(G) \quad (2.7)$$

Dengan h_i adalah nilai harapan di bawah asumsi kenormalan.

- b. Mengurutkan sisaan dari kecil ke besar.

Uji formal untuk menguji apakah suatu data menyebar normal adalah uji Lilliefors (Hanafiah, 2004:16). Berikut ini adalah ilustrasi untuk uji Lilliefors.

Misalkan sampel acak dengan hasil pengamatan Y_1, Y_2, \dots, Y_n . Berdasarkan sampel ini, akan diuji H_0 bahwa sampel tersebut berasal dari populasi berdistribusi normal lawan H_1 bahwa sampel tersebut berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal.

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- 1) Menjadikan pengamatan Y_1, Y_2, \dots, Y_n sebagai angka baku z_1, z_2, \dots, z_n dengan rumus:

$$z_i = \frac{Y_i - \bar{Y}}{s_y} \quad (2.8)$$

dengan: s_y = simpangan baku dan Y_i nilai pengamatan.

- 2) Menghitung $F(z_i) = P(Z \leq z_i)$
- 3) Menghitung proporsi z_1, z_2, \dots, z_n yang lebih kecil atau sama dengan z_i (dinyatakan dengan $S(z_i)$)

$$S(z_i) = \frac{\text{banyaknya } z_1, z_2, \dots, z_n \text{ yang } \leq z_i}{n} \quad (2.9)$$

- 4) Menghitung selisih $F(z_i) - S(z_i)$, kemudian menentukan harga mutlaknya
- 5) Mengambil nilai yang paling besar di antara nilai-nilai mutlak selisih tersebut (dinotasikan dengan L_0)
- 6) Menentukan kriteria keputusan

H_0 ditolak jika $L_0 > L_{\alpha(n)}$

4. Pengaruh perlakuan dan lingkungan bersifat aditif

Aditivitas pengaruh perlakuan dan pengaruh lingkungan hanya akan diperoleh jika antara keduanya tidak terjadi interaksi (Hanafiah, 2004: 16). Selain itu, rancangan percobaan gagal memenuhi sifat aditifnya bisa dikarenakan model bersifat multiplikatif dan adanya observasi yang keliru.

Model yang bersifat multiplikatif dapat diubah menjadi aditif dengan jalan mengambil logaritmanya atau transformasi bentuk lain. Adanya observasi yang keliru dapat dihilangkan dengan jalan melakukan pengamatan yang tepat dan cara yang benar.

D. Pengujian Hipotesis

Hipotesis statistik merupakan pernyataan atau dugaan mengenai satu atau lebih populasi. Langkah-langkah dalam melakukan uji hipotesis mengenai parameter θ lawan suatu hipotesis alternatifnya adalah sebagai berikut (Walpole, 1993: 300):

1. Menyatakan hipotesis nol-nya (H_0) bahwa $\theta = \theta_0$
2. Memilih hipotesis alternatif H_1 yang sesuai di antara $\theta < \theta_0$, $\theta > \theta_0$, atau $\theta \neq \theta_0$
3. Menentukan taraf nyata (α)
4. Memilih statistik uji yang sesuai, kemudian menentukan wilayah kritiknya
5. Menghitung nilai statistik uji berdasarkan data
6. Menentukan keputusan:

Menolak H_0 bila nilai statistik uji jatuh dalam wilayah kritiknya. Sedangkan bila nilai itu jatuh di luar wilayah kritiknya, maka H_0 diterima.

E. Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang (RAKTLS)

1. Deskripsi Rancangan

Menurut Montgomery (1976: 165), jika tidak semua taraf perlakuan muncul pada setiap kelompok, maka dikatakan bahwa rancangan yang memuatnya adalah Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap (RAKTL). Das & Giri (1979: 153) mengatakan bahwa jika banyak ulangan dari semua pasang perlakuan sama, maka RAKTL yang memuatnya disebut Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang (RAKTLS).

Sebagai ilustrasi, seorang ahli fisika melakukan percobaan untuk mengetahui apakah ada perbedaan ketelitian antara tujuh merk timbangan. Timbangan-timbangan tersebut digunakan untuk mengukur berat tujuh logam tembaga. Akan tetapi karena keterbatasan waktu, masing-masing logam tembaga hanya dapat ditimbang menggunakan tiga merk timbangan. Rancangan dimana masing-masing pasang muncul bersama pada satu logam tembaga, disajikan dengan ABE, CDE, ACF, BDF, ADG, BCG, EFG, dimana huruf-huruf menunjukkan merk timbangan dan masing-masing kumpulan dari tiga merk timbangan diberikan pada logam tembaga yang berbeda. RAKTLS dari ilustrasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Contoh RAKTLS

Kelompok (logam tembaga)	Taraf Perlakuan (Merk Timbangan)						
	A	B	C	D	E	F	G
1	y_{11}	y_{12}	-	-	y_{15}	-	-
2	-	-	y_{23}	y_{24}	y_{25}	-	-
3	y_{31}	-	y_{33}	-	-	y_{36}	-
4	-	y_{42}	-	y_{44}	-	y_{46}	-
5	y_{51}	-	-	y_{54}	-	-	y_{57}
6	-	y_{62}	y_{63}	-	-	-	y_{67}
7	-	-	-	-	y_{75}	y_{76}	y_{77}

Rancangan pada contoh di atas adalah rancangan kelompok tak lengkap seimbang dengan $a = 7$, $b = 7$, $k = r = 3$, dan $\lambda = 1$.

Dengan: a = banyak taraf perlakuan

b = banyak kelompok

k = banyak perlakuan dari tiap kelompok

r = banyak pengulangan untuk masing-masing perlakuan

λ = berapa kali masing-masing pasang perlakuan muncul dalam kelompok

N = banyak pengamatan

Menurut Montgomery (1976: 166), hubungan antara parameter-parameter di atas adalah sebagai berikut:

$$a. \quad N = ra = bk \quad (2.10)$$

Ada a perlakuan dan masing-masing muncul sebanyak r ulangan.

Jadi, ra adalah banyak keseluruhan dari satuan pengamatan.

Sebaliknya, ada b kelompok dan masing-masing muncul dalam k perlakuan. Jadi, bk juga merupakan banyak keseluruhan dari satuan

pengamatan. Banyak keseluruhan dari satuan pengamatan dinotasikan dengan N .

$$b. \lambda(a - 1) = r(k - 1) \quad (2.11)$$

Misal ada sebarang perlakuan, katakan perlakuan 1. Jika perlakuan 1 muncul r kali dan ada $k-1$ perlakuan lain yang muncul pada kelompok dimana masing-masing perlakuan 1 muncul, maka ada $r(k-1)$ pengamatan pada kelompok yang terdapat perlakuan 1. $r(k - 1)$ pengamatan ini juga merepresentasikan sisa dari $a - 1$ perlakuan λ kali. Maka, $\lambda(t - 1) = r(k - 1)$. Parameter λ menyatakan berapa kali setiap pasang perlakuan muncul dalam kelompok. Parameter λ harus merupakan bilangan bulat.

2. Model Linear dan Asumsi

Model yang digunakan untuk perbandingan *intrablock* adalah aditif (Kempthorne, 1962: 532). Model linear aditif dari RAKTLS yaitu:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (2.12)$$

dengan: $i = 1, 2, 3, \dots, a$

$$j = 1, 2, 3, \dots, b$$

dimana: Y_{ij} = pengamatan dari perlakuan ke- i dan kelompok ke- j

μ = rata-rata umum

τ_i = pengaruh perlakuan ke- i

β_j = pengaruh kelompok ke- j

ε_{ij} = pengaruh acak pada perlakuan ke- i dan kelompok ke- j

Asumsi yang paling mendasar dari RAKTLS adalah bahwa galat bersifat bebas dan menyebar secara normal dengan nilai rata-rata sama dengan nol dan ragam σ^2 , atau dinyatakan dengan $\varepsilon_{ij} \sim NID(0, \sigma^2)$ (Gasperz, 1991: 282).

Asumsi lain dari model linear aditif RAKTLS adalah:

a. Tidak ada interaksi antara perlakuan dengan kelompok

$$b. \sum_{i=1}^a \tau_i = 0 \quad (2.13)$$

$$c. \sum_{j=1}^b \beta_j = 0 \quad (2.14)$$

3. Pendugaan Kuadrat Terkecil

Persamaan normal kuadrat terkecil pada RAKTLS yang diberikan oleh Montgomery (1976:14) adalah:

$$\mu : N\hat{\mu} + r \sum_{i=1}^a \hat{\tau}_i + k \sum_{j=1}^b \hat{\beta}_j = Y_{..} \quad (2.15)$$

$$\tau_i : r\hat{\mu} + r\hat{\tau}_i + \sum_{j=1}^b n_{ij}\hat{\beta}_j = Y_{i.} \quad (2.16)$$

$$\beta_j : k\hat{\mu} + \sum_{i=1}^a n_{ij}\hat{\tau}_i + k\hat{\beta}_j = Y_{.j} \quad (2.17)$$

Dimana:

μ adalah jumlah dari semua pengamatan

τ_i adalah jumlah dari semua pengamatan pada perlakuan ke- i

β_j adalah jumlah dari semua pengamatan pada kelompok ke- j

Dari persamaan (2.15), karena $\sum_{i=1}^t \tau_i = \sum_{j=1}^b \beta_j = 0$, maka didapatkan

$$\hat{\mu} = \frac{Y}{N} = \overline{Y..} . \text{ Dengan menggunakan persamaan (2.17), akan dieliminasi}$$

pengaruh kelompok dari persamaan (2.16). Didapatkan:

$$rk\hat{\tau}_i - r\hat{\tau}_i - \sum_{j=1}^b \sum_{\substack{p=1 \\ p \neq i}}^a n_{ij}n_{pj}\hat{\tau}_p = kY_{i.} - \sum_{j=1}^b n_{ij}Y_{.j} \quad (2.18)$$

dengan $n_{ij} = 1$ jika perlakuan ke- i muncul pada kelompok ke- j dan $n_{ij} = 0$ jika perlakuan ke- i tidak muncul pada kelompok ke- j .

Total terkoreksi dari perlakuan ke- i , dinotasikan dengan Q_i , dirumuskan dengan:

$$Q_i = Y_{i.} - \frac{1}{k} \sum_{j=1}^b n_{ij}Y_{.j}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, a \quad (2.19)$$

Pada persamaan (2.18), terlihat bahwa ruas kanan merupakan kQ_i .

Karena $\sum_{j=1}^b n_{ij}n_{pj} = \lambda$ jika $p \neq i$ dan $n_{pj}^2 = n_{pj}$ (karena $n_{pj} = 0$ atau 1), maka

persamaan (2.18) dapat ditulis menjadi:

$$, r(k-1)\hat{\tau}_i - \lambda \sum_{\substack{p=1 \\ p \neq i}}^t \hat{\tau}_p = kQ_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, a \quad (2.20)$$

Asumsi $\sum_{i=1}^t \hat{\tau}_i = 0$ berarti $\sum_{\substack{p=1 \\ p \neq i}}^t \hat{\tau}_p = -\hat{\tau}_i$. Karena $\lambda(a-1) = r(k-1)$, maka

didapatkan:

$$\lambda a \hat{\tau}_i = kQ_i, \quad i = 1, 2, 3, \dots, a \quad (2.21)$$

Maka, penduga kuadrat terkecil dari pengaruh perlakuan pada RAKTLS adalah:

$$\hat{\tau}_i = \frac{kQ_i}{\lambda a}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, a \quad (2.22)$$

4. Jumlah Kuadrat (JK) dan Derajat Bebas (db)

$$\text{Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)} = \sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j}^2}{k} - \frac{Y_{..}^2}{N} \quad (2.23)$$

$$\text{db dari JKK} = b - 1 \quad (2.24)$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan Terkoreksi (JKP_{terkoreksi}):

$$\frac{k \sum_{i=1}^a Q_i^2}{\lambda a} \quad (2.25)$$

$$\text{db dari JKP} = a - 1 \quad (2.26)$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} = \text{JKT} - \text{JKP}_{\text{terkoreksi}} - \text{JKK} \quad (2.27)$$

$$\text{db dari JKG} = N - a - b + 1 \quad (2.28)$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N} \quad (2.29)$$

$$\text{db dari JKT} = N - 1 \quad (2.30)$$

$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2$ disebut dengan jumlah kuadrat murni dan $\frac{Y_{..}^2}{N}$ disebut dengan

Faktor Koreksi (FK) untuk rata-rata.

5. Kuadrat Tengah (KT)

Kuadrat tengah diperoleh dengan membagi masing-masing jumlah kuadrat dengan derajat bebasnya.

Dari jumlah kuadrat di atas, diperoleh:

$$\text{Kuadrat Tengah Kelompok (KTK)} = \frac{JKK}{b-1} \quad (2.31)$$

$$\text{Kuadrat Tengah Perlakuan Terkoreksi (KTP}_{\text{terkoreksi}}) = \frac{JKP}{t-1} \quad (2.32)$$

$$\text{Kuadrat Tengah Galat (KTG)} = \frac{JKG}{N-t-b+1} \quad (2.33)$$

6. Tabel Analisis Variansi

Jumlah kuadrat, derajat bebas, dan kuadrat tengah dapat ditampilkan dalam sebuah tabel analisis variansi. Tabel analisis variansi (Anava) untuk RAKTLS dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Analisis Variansi RAKTLS

Sumber Variansi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung
Perlakuan	$\frac{k \sum_{i=1}^a Q_i^2}{\lambda a}$	$a - 1$	$\frac{JKP}{a - 1}$	$\frac{KTP}{KTG}$
Kelompok	$\sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j}^2}{k} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$b - 1$	$\frac{JKK}{b - 1}$	-
Galat	$JKT - JKP - JKK$	$N - a - b + 1$	$\frac{JKG}{N - a - b + 1}$	-
Total	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$N - 1$	-	-

7. Uji Pengaruh Perlakuan

Langkah-langkah pengujian pengaruh perlakuan dalam analisis *intrablock* RAKTLS adalah sebagai berikut:

- Menentukan hipotesis:

$$H_0 : \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_i = 0; H_1 : \text{Tidak semua } \tau_i = 0, i = 1, 2, 3, \dots, a$$

- Menentukan taraf nyata: α

c. Menentukan statistik uji: $F_{hitung} = \frac{KTP_{terkoreksi}}{KTG}$

d. Menentukan kriteria keputusan:

$$H_0 \text{ ditolak jika } F_{hitung} > F_{\alpha(a-1, N-a-b+1)}$$

F. Konsep *Association Class* dari RAKTLSP

Pengertian tentang RAKTLSP tidak lepas dari konsep *association class*.

Untuk itu, berikut ini adalah gambaran dari konsep *association class*.

Menurut Sharma (<http://www.iasri.res.in/>), jika ada a perlakuan yaitu perlakuan ke-1, perlakuan ke-2, ..., perlakuan ke- a , maka hubungan yang sesuai dengan keadaan berikut disebut dengan *m-associate classes* ($m \geq 2$):

- Sebarang dua perlakuan adalah 1st, 2nd, ..., atau m^{th} *associate* dengan hubungan yang simetris, yaitu apabila perlakuan α merupakan i^{th} *associates* dari β , maka β juga merupakan i^{th} *associates* dari α .
- Setiap perlakuan memiliki tepat n_i i^{th} *associates*.
- Jika sebarang dua perlakuan α dan β adalah i^{th} *associates*, maka banyaknya perlakuan yang merupakan j^{th} *associates* dari α dan k^{th} *associates* dari β adalah p_{jk}^i .

Simbol a , n_i , dan p_{jk}^i ($i, j, k = 1, 2, \dots, m$) disebut dengan parameter dari *association class*.

Untuk memperjelas penjelasan di atas, berikut ini diberikan contoh dari *association class* pada RAKTLSP(2).

Contoh:

Ada 12 perlakuan, yaitu perlakuan ke-1, perlakuan ke-2, ..., perlakuan ke-12. Perlakuan-perlakuan tersebut dibagi menjadi 3 kelompok perlakuan sebagai berikut: (1, 2, 3, 4), (5, 6, 7, 8), (9, 10, 11, 12).

Kemudian ditentukan bahwa:

- a. Sebarang dua perlakuan adalah 1st *associates* apabila keduanya berada pada kelompok yang sama.
- b. Sebarang dua perlakuan disebut 2nd *associates* apabila keduanya berada pada kelompok yang berbeda.

Dari penjelasan di atas didapatkan bahwa $a = 12$, $n_1 = 3$, $n_2 = 8$.

Parameter p_{jk}^i ($i, j, k = 1, 2$) dapat dituliskan dalam bentuk matrik sebagai berikut:

$$p_{jk}^1 = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 8 \end{pmatrix}; \quad p_{jk}^2 = \begin{pmatrix} 0 & 3 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$$

BAB III

PEMBAHASAN

A. Pengertian dan Gambaran Umum Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang Parsial (RAKTLSP)

1. Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang Parsial (RAKTLSP)

Rancangan acak kelompok tak lengkap dengan a taraf perlakuan dapat dikatakan seimbang parsial dengan m -associate classes, apabila taraf-taraf perlakuan tersebut dapat disusun atau dikelompokkan menjadi b kelompok dengan masing-masing kelompok terdiri dari k taraf perlakuan ($k < a$) sedemikian sehingga:

- a. Setiap taraf perlakuan muncul paling banyak satu kali dalam satu kelompok.
- b. Setiap taraf perlakuan muncul pada r kelompok.
- c. Sebarang dua taraf perlakuan yang merupakan i^{th} associates muncul bersama dalam kelompok yang sama sebanyak λ_i kali.

Simbol a, b, k, r, λ_i ($i = 1, 2, \dots, m$) disebut dengan parameter dari rancangan.

2. Hubungan dari parameter-parameter

Berikut ini adalah hubungan dari parameter-parameter dari RAKTLSP yang dituliskan oleh Kempthorne (1962:549):

$$a. \sum_{i=1}^m n_i = a - 1 \quad (3.1)$$

$$\text{b. } \sum_{i=1}^m n_i \lambda_i = r(k-1) \quad (3.2)$$

$$\text{c. } \sum_{k=1}^m p_{jk}^i = n_j - \partial_{ij}, \text{ dimana } \partial_{ij} = 1 \text{ jika } i = j \text{ dan } \partial_{ij} = 0 \text{ jika } i \neq j \quad (3.3)$$

$$\text{d. } n_i p_{jk}^i = n_j p_{ik}^i = n_k p_{ij}^k, \text{ dimana } i, j, k = 1, 2, \dots, m \quad (3.4)$$

Menurut Cochran & Cox (1957: 378), penggunaan RAKTLSP lebih baik dibandingkan dengan Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang (RAKTLS) karena analisis statistiknya lebih lengkap. Dalam RAKTLSP, perhitungan variansi tergantung pada *association class*-nya. Dalam hal ini, hanya diperhitungkan *2-associate classes*.

B. Model Linear dari RAKTLSP

Model linear yang digunakan pada RAKTLSP adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (3.5)$$

dimana $i = 1, 2, \dots, a$; $j = 1, 2, \dots, b$;

dengan:

Y_{ij} = nilai pengamatan pada perlakuan ke- i dalam kelompok ke- j

μ = nilai rata-rata umum

τ_i = pengaruh perlakuan ke- i

β_j = pengaruh kelompok ke- j

ε_{ij} = pengaruh acak dari perlakuan ke- i dalam kelompok ke- j

Model yang digunakan adalah model tetap, asumsinya adalah $\sum \tau_i = 0$ dan $\sum \beta_j = 0$, dan komponen galat bersifat bebas dan menyebar secara normal dengan nilai rata-rata sama dengan nol dan variansi σ_ε^2 atau dapat dinyatakan secara singkat sebagai $\varepsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma_\varepsilon^2)$.

C. Analisis Variansi dari RAKTLSP

Prosedur analisis variansi untuk RAKTLSP hampir sama dengan RAKTLS, hanya saja berbeda pada perhitungan Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP). Berikut ini adalah langkah-langkah analisis variansi dari RAKTLSP:

1. Menentukan hipotesis:

$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_i = 0$ (tidak ada pengaruh taraf perlakuan terhadap respon yang diamati)

$H_1: \exists \tau_i \neq 0, i = 1, 2, \dots, a$ (paling sedikit ada satu taraf perlakuan yang berpengaruh terhadap respon yang diamati)

2. Menentukan taraf signifikansi: α
3. Menentukan statistik uji:

$$F_{\text{hitung}} = \text{KTP} / \text{KTG},$$

dengan:

KTP = Kuadrat Tengah Perlakuan

KTG = Kuadrat Tengah Galat

4. Menentukan kriteria keputusan:

H_0 ditolak jika $F_{\text{hitung}} > F_{\alpha(\text{dbP}, \text{dbG})}$

dengan:

dbP = derajat bebas perlakuan

dbG = derajat bebas galat

5. Melakukan perhitungan:

a. Menentukan derajat bebas (db) untuk setiap sumber variansi.

$$\text{db total} : bk - 1 \quad (3.7)$$

$$\text{db perlakuan} : a - 1 \quad (3.8)$$

$$\text{db kelompok} : b - 1 \quad (3.9)$$

$$\text{db galat} : bk - b - a + 1 \quad (3.10)$$

b. Menghitung Faktor Koreksi (FK) dan Jumlah Kuadrat (JK) masing-masing sumber variansi.

$$\text{FK} : \frac{Y_{..}^2}{bk} \quad (3.11)$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Total (JKT)} : \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - FK \quad (3.12)$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)}: \sum_{i=1}^a \hat{\tau}_i Q_i, \quad (3.13)$$

$$\text{dengan: } \hat{\tau}_i = \frac{k \{ B_2 Q_i - A_2 S_1(Q_i) \}}{(A_1 B_2 - A_2 B_1)}, \quad (3.14)$$

$$\text{dimana: } A_1 = r(k-1) + \lambda_2 \quad (3.15)$$

$$A_2 = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (3.16)$$

$$B_1 = r(k-1) + \lambda_2 + (\lambda_2 - \lambda_1)(p_{11}^1 - p_{11}^2) \quad (3.17)$$

$$Q_i = Y_{i.} - \frac{1}{k} \sum_{j=1}^b n_{ij} Y_{.j} \quad (3.18)$$

$S_I(Q_i)$ = jumlah dari Q_i dengan taraf perlakuan yang 1st

associate dengan taraf perlakuan 1

$$\text{Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)} : \frac{1}{k} \sum_{j=1}^b Y_{.j}^2 - FK \quad (3.19)$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Galat (JKG)} = \text{JKT} - \text{JKP} - \text{JKK} \quad (3.20)$$

- c. Menentukan Kuadrat Tengah (KT) untuk setiap sumber variansi dengan membagi JK dengan db masing-masing.

$$KTP = \frac{JKP}{a-1} \quad (3.21)$$

$$KTK = \frac{JKK}{b-1} \quad (3.22)$$

$$KTG = \frac{JKG}{bk - b - a + 1} \quad (3.23)$$

- d. Menghitung nilai F untuk menguji perlakuan.

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} \quad (3.24)$$

6. Menyusun tabel analisis variansi seperti berikut

Tabel 3. Analisis Variansi RAKTLSP

Sumber Variansi	Db	JK	KT	F_{hitung}
Perlakuan	$a - 1$	JKP	KTP	$\frac{KTP}{KTG}$
Kelompok	$b - 1$	JKK	KTK	-
Galat	$bk - b - a + 1$	JKG	KTG	-
Total	$bk - 1$	JKT	-	-

7. Menarik Kesimpulan dari hasil analisis variansi

D. Penerapan RAKTLSP

1. Penerapan pada bidang otomotif

Seorang peneliti di bidang otomotif ingin mengetahui pengaruh pelumas merk tertentu terhadap kinerja mesin motor. Ia menguji 9 pelumas pada 9 unit motor. Idealnya kesembilan pelumas diujikan pada satu motor secara bergantian. Akan tetapi, karena keterbatasan waktu satu unit motor hanya bisa diuji dengan tiga pelumas. Satu pelumas diujikan satu kali untuk satu unit motor. Selain itu, satu pelumas digunakan untuk menguji tiga unit motor berbeda.

Pelumas yang digunakan adalah Merk A, B, C, D, E, F, G, H, dan I. Tabel percobaan yang mungkin dapat dibuat dengan langkah sebagai berikut:

a. Menganalisis parameter-parameter pada ilustrasi

Pada ilustrasi di atas didapatkan informasi bahwa banyak taraf perlakuan (a) = 9, banyak kelompok (b) = 9, banyak ulangan (r) = 3, dan banyak taraf perlakuan pada tiap kelompok (k) = 3.

b. Menentukan banyaknya n_1 dan n_2

Pada RAKTLSP(2) terdapat λ_1 dan λ_2 . Kemudian ditentukan bahwa $\lambda_1 = 1$ dan $\lambda_2 = 0$. Dari persamaan (3.1) diketahui bahwa

$$\sum_{i=1}^m n_i = a - 1, \text{ maka, } n_1 + n_2 = a - 1 = 8. \text{ Dari persamaan (3.2)}$$

diketahui bahwa $\sum_{i=1}^m n_i \lambda_i = r(k - 1)$, maka $n_1 = 6$. Karena $n_1 = 6$,

maka $n_2 = 2$.

e. Menyusun tabel percobaan

Ambil taraf perlakuan A. Taraf perlakuan A muncul bersama pada kelompok yang sama atau 1^{st} *associate* dengan 6 taraf perlakuan lain ($n_1 = 6$) dan taraf perlakuan A tidak satu kelompok atau 2^{nd} *associate* dengan 2 taraf perlakuan lain ($n_2 = 2$). Dalam hal ini penulis memilih taraf perlakuan A 1^{st} *associate* dengan taraf perlakuan B, C, E, F, G, dan H serta taraf perlakuan A 2^{nd} *associate* dengan taraf perlakuan D dan I. Pemilihan taraf perlakuan yang berbeda akan menghasilkan tabel percobaan yang berbeda.

Kemudian, menempatkan taraf-taraf perlakuan dalam tabel seperti berikut ini:

Tabel 4. Penyusunan Tiga Kelompok Pertama
(Percobaan 1)

A	D	I
B	E	G
C	F	H

Dari Tabel 4, didapatkan 3 kelompok pertama yaitu (A, B, C), (A, E, G), (A, F, H).

Langkah selanjutnya adalah membuat tabel penyusunan untuk tiga kelompok kedua.

Tabel 5. Penyusunan Tiga Kelompok Kedua
(Percobaan 1)

A	D	I
B	E	G
C	F	H

Dari Tabel 5, didapatkan 3 kelompok kedua yaitu (D, E, F), (D, B, G), (D, C, H).

Langkah selanjutnya adalah membuat tabel penyusunan untuk tiga kelompok ketiga.

Tabel 6. Penyusunan Tiga Kelompok Kedua
(Percobaan 1)

A	D	I
B	E	G
C	F	H

Dari Tabel 6, didapatkan 3 kelompok ketiga yaitu (I, G, H), (I, B, F), (I, C, E).

Berdasarkan tabel penyusunan kelompok di atas, maka diperoleh tabel RAKTLSP(2) untuk percobaan otomotif sebagai berikut. Hasil pengamatannya adalah kecepatan motor dalam satuan km/jam. Data diambil dari buku Das & Giri (1979:193) dengan perubahan pada ilustrasinya:

Tabel 7. Data Pengamatan Kecepatan yang Dihasilkan Motor dengan Menggunakan Pelumas Merk A, B, C, D, E, F, G, H, dan I

Motor Ke-	Kecepatan Motor (km/jam)		
1	(C) 59	(H) 56	(D) 51
2	(B) 35	(G) 33	(D) 40
3	(A) 48	(G) 42	(E) 42
4	(G) 46	(H) 56	(I) 51
5	(D) 61	(E) 61	(F) 55
6	(C) 52	(I) 53	(E) 48
7	(A) 54	(H) 58	(F) 62
8	(B) 45	(I) 46	(F) 47
9	(A) 31	(B) 27	(C) 35

Rancangan yang tepat untuk percobaan ini adalah RAKTLSP karena sesuai dengan keadaan yang didefinisikan pada RAKTLSP. Unit percobaannya adalah motor. Model pada percobaan ini adalah model tetap.

Model linear untuk percobaan di atas adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (3.25)$$

Dengan: $i = 1$ (pelumas merk A), 2 (pelumas merk B), 3 (pelumas merk C), 4 (pelumas merk D), 5 (pelumas merk E), 6 (pelumas merk F), 7 (pelumas merk G), 8 (pelumas merk H), 9 (pelumas merk I)

$j = 1$ (unit motor ke-1), 2 (unit motor ke-2), 3 (unit motor ke-3), 4 (unit motor ke-4), 5 (unit motor ke-5), 6 (unit motor ke-6), 7 (unit motor ke-7), 8 (unit motor ke-8), 9 (unit motor ke-9)

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

Y_{ij} = hasil kecepatan pelumas merk ke- i pada unit motor ke- j

μ = rata-rata umum

τ_i = pengaruh pelumas merk ke- i

β_j = pengaruh unit motor ke- j

ε_{ij} = pengaruh acak pada pemberian pelumas merk ke- i pada unit motor ke- j

Asumsi untuk model tetap adalah $\sum_{i=1}^a \tau_i = 0$ dan $\sum_{j=1}^b \beta_j = 0$

Tabel *association class* dari data di atas adalah sebagai berikut:

Tabel 8. *Association class* dari Percobaan 1

Taraf perlakuan	1 st <i>associate</i>	2 nd <i>associate</i>
1	2, 3, 5, 6, 7, 8	4, 9
2	1, 3, 4, 6, 7, 9	5, 8
3	1, 2, 4, 5, 8, 9	6, 7
4	2, 3, 5, 6, 7, 8	1, 9
5	1, 3, 4, 6, 7, 9	2, 8
6	1, 2, 4, 5, 8, 9	3, 7
7	1, 2, 4, 5, 8, 9	3, 6
8	1, 3, 4, 6, 7, 9	2, 5
9	2, 3, 5, 6, 7, 8	1, 4

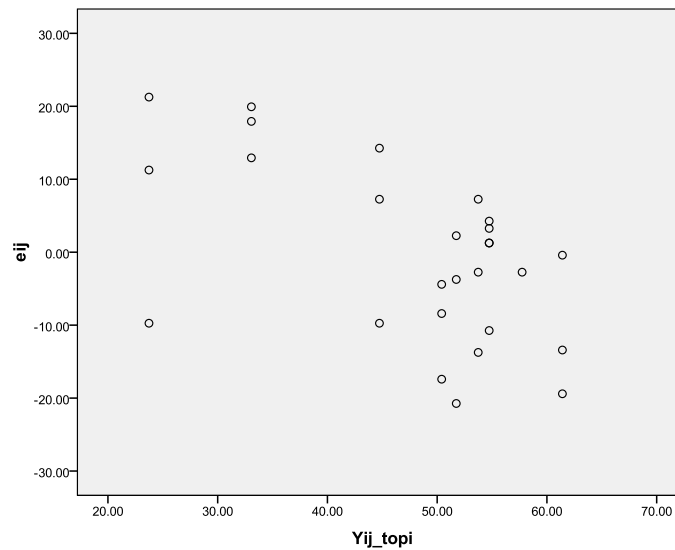
Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, terlebih dahulu diselidiki apakah asumsi-asumsi dalam analisis variansi percobaan di atas terpenuhi. Untuk melihat kebebasan dan kehomogenan galat percobaan, dibuat plot antara nilai dugaan galat (e_{ij}) dengan nilai dugaan respons (\hat{Y}_{ij}).

Pada RAKTLSP, perhitungan e_{ij} dan \hat{Y}_{ij} adalah sebagai berikut:

$$e_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..} \quad (3.26)$$

$$\hat{Y}_{ij} = \bar{Y}_{i.} + \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..} \quad (3.27)$$

Berdasarkan perhitungan e_{ij} dan \hat{Y}_{ij} pada data di atas, didapatkan plot sebagai berikut:

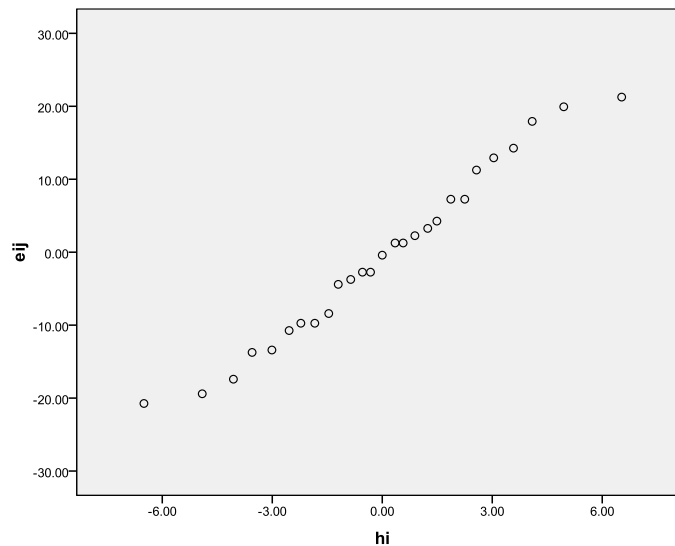


Gambar 2. Plot nilai dugaan galat (e_{ij}) dengan nilai dugaan respons (\hat{Y}_{ij})
Percobaan 1

Gambar di atas tidak membentuk suatu pola tertentu, maka dapat dikatakan bahwa galat percobaan cenderung saling bebas dan homogen.

Untuk melihat kenormalan galat percobaan, dibuat plot peluang normal antara nilai dugaan galat (e_{ij}) dengan $h_i = \sqrt{KTG} \left[z \left(\frac{i-0,375}{n+0,25} \right) \right]$.

Berdasarkan perhitungan untuk nilai e_{ij} dan h_i , didapatkan plot peluang normal untuk percobaan di atas seperti berikut ini:



Gambar 3. Plot Peluang Normal bagi e_{ij} dengan h_i
Percobaan 1

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa titik-titik amatan cenderung mengikuti garis diagonal. Maka, dapat dikatakan bahwa galat cenderung menyebar normal.

Karena asumsi-asumsi dalam anava sudah terpenuhi, maka dapat dilakukan pengujian hipotesis untuk percobaan di atas.

Pengujian hipotesis untuk percobaan di atas adalah sebagai berikut:

a. Hipotesis pengaruh perlakuan

$H_0: \tau_1 = \dots = \tau_9 = 0$ (pemberian pelumas merk tidak berpengaruh terhadap kinerja mesin motor)

$H_1: \exists \tau_i \neq 0, i = 1, \dots, 9$ (paling sedikit ada 1 pelumas merk yang berpengaruh terhadap kinerja mesin motor)

b. Taraf signifikansi: $\alpha = 0,05$

c. Statistik uji: $F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$

d. Kriteria keputusan:

$$H_0 \text{ pengaruh perlakuan ditolak jika } F_{\text{hitung}} > F_{\alpha(a-1, bk-b-a+1)}$$

e. Perhitungan

Dari data didapatkan bahwa $a = b = 9$, $r = k = 3$, $\lambda_1 = 1$, $\lambda_2 = 0$, $n_1 = 6$,

$$n_2 = 2, p_{ij}^1 = \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}, p_{ij}^2 = \begin{pmatrix} 6 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Berikut ini adalah tabel perhitungan analisis dari percobaan:

Tabel 9. Perhitungan Analisis dari Percobaan 1

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Taraf Perlakuan	T_i	K_j	$\sum_{j=1}^b K_j$	$(\sum_{j=1}^b K_j)/k$	$Q_i = T_i - \frac{\sum_{j=1}^b K_j}{k}$	$\hat{\tau}_i$
1	133	168	399	133	0	-5/18
2	107	108	339	113	-6	-50/18
3	146	132	414	138	8	73/18
4	154	153	453	151	3	22/18
5	151	177	462	154	-3	-23/18
6	164	153	489	163	1	10/18
7	121	174	393	131	-10	-89/18
8	170	138	495	165	5	49/18
9	150	93	444	148	2	13/18

Keterangan:

1) Pada kolom (2), T_i adalah jumlah kecepatan motor untuk taraf perlakuan pelumas merk ke- i .

Contoh: Jumlah kecepatan pelumas merk ke-1 (merk A) adalah

$$T_1 = 48 + 54 + 31 = 133$$

2) Pada kolom (3), K_j adalah jumlah kecepatan motor untuk kelompok ke- j .

Contoh: Jumlah kecepatan motor kelompok motor ke-1 adalah

$$K_1 = 59 + 56 + 53 = 168$$

3) Pada kolom (4), $\sum_{j=1}^b K_j$ adalah jumlah kecepatan motor kelompok

ke- j dimana taraf perlakuan ke- i muncul.

Contoh: Jumlah kecepatan motor untuk taraf perlakuan ke-1 (merk

A) muncul pada kelompok ke-3, 7, dan 9 yaitu:

$$\sum K_1 = 132 + 174 + 93 = 399$$

4) Pada kolom (7), $\hat{\tau}_i$ dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\hat{\tau}_i = \frac{k\{B_2 Q_i - A_2 S_1(Q_i)\}}{(A_1 B_2 - A_2 B_1)}, i = 1, 2, \dots, a$$

dengan $A_1 = r(k-1) + \lambda = 3(3-1) = 6$

$$A_2 = \lambda_2 - \lambda_1 = 0 - 1 = -1$$

$$B_1 = (\lambda_2 - \lambda_1) p_{12}^2 = 0, \text{ dimana } p_{12}^2 = 0$$

$$B_2 = r(k-1) + \lambda_2 + (\lambda_2 - \lambda_1)(p_{11}^1 - p_{11}^2)$$

$$= 3 \times 2 + 0 + (-1)(3 - 6) = 9$$

$$A_1 B_2 - A_2 B_1 = 6 \times 9 - (-1)(0) = 54$$

$$\text{Maka, } \hat{\tau}_i = \frac{3\{9Q_i + S_1(Q_i)\}}{54} = \frac{Q_i}{2} + \frac{S_1(Q_i)}{18}, i = 1, 2, \dots, 9$$

$S_1(Q_i)$ = jumlah dari Q_i dengan taraf perlakuan yang 1st

associate dengan taraf perlakuan ke- i .

Untuk menghitung $S_1(Q_i)$, maka harus dilihat *association class*-nya pada Tabel 8 terlebih dahulu.

$$S_1(Q_1) = Q_2 + Q_3 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8$$

$$= -6 + 8 - 3 - 10 + 1 + 5 = -5$$

$$S_1(Q_2) = Q_1 + Q_3 + Q_4 + Q_6 + Q_7 + Q_9$$

$$= 0 + 8 + 3 + 1 - 10 + 2 = 4$$

$$S_1(Q_3) = Q_1 + Q_2 + Q_4 + Q_5 + Q_8 + Q_9$$

$$= 0 - 6 + 3 - 3 + 5 + 2 = 1$$

$$S_1(Q_4) = Q_2 + Q_3 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8$$

$$= -6 + 8 - 3 - 10 + 1 + 5 = -5$$

$$S_1(Q_5) = Q_1 + Q_3 + Q_4 + Q_6 + Q_7 + Q_9$$

$$= 0 + 8 + 3 + 1 - 10 + 2 = 4$$

$$S_1(Q_6) = Q_1 + Q_2 + Q_4 + Q_5 + Q_8 + Q_9$$

$$= 0 - 6 + 3 - 3 + 5 + 2 = 1$$

$$S_1(Q_7) = Q_1 + Q_2 + Q_4 + Q_5 + Q_8 + Q_9$$

$$= 0 - 6 + 3 - 3 + 5 + 2 = 1$$

$$S_1(Q_8) = Q_1 + Q_3 + Q_4 + Q_6 + Q_7 + Q_9$$

$$= 0 + 8 + 3 + 1 - 10 + 2 = 4$$

$$S_1(Q_9) = Q_2 + Q_3 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8$$

$$= -6 + 8 - 3 - 10 + 1 + 5 = -5$$

$$\text{Jumlah total} = Y_{..} = 53 + 56 + \dots + 27 + 35 = 1296$$

$$\text{Banyak unit percobaan} = bk = 9 \times 3 = 27$$

$$\text{Rataan} = \bar{Y} = \frac{Y_{..}}{bk} = \frac{1296}{27} = 48$$

$$\text{Banyak ulangan} (r) = 3$$

$$\text{Ukuran kelompok} (k) = 3$$

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{Y_{..}^2}{bk} = \frac{1296^2}{27} = 62.208$$

$$\begin{aligned} \text{JKP} &= \sum_{i=1}^a \hat{\tau}_i Q_i = (-5/18) \times 0 + (-50/18) \times (-6) + \dots + (13/18) \times 2 \\ &= 121,67 \end{aligned}$$

$$\text{JKK} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^b Y_{.j}^2 - FK = 64.476 - 62.208 = 2268$$

$$\begin{aligned} \text{JKT} &= \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - FK = (59^2 + 56^2 + \dots + 27^2 + 35^2) - 62.208 \\ &= 2490 \end{aligned}$$

$$\text{JKG} = \text{JKT} - \text{JKP} - \text{JKK} = 2490 - 121,67 - 2268 = 100,33$$

f. Tabel analisis variansi

Tabel Analisis Variansi dari Percobaan Otomotif

Sumber Variansi (SV)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F _{hitung}
Pelumas merk	8	121,67	15,21	1,52
Kelompok motor	8	2268	283,5	-
Galat	10	100,33	10,03	-
Total	26	2490	-	-

$$\text{Nilai } F \text{ pada tabel} = F_{0,05(8,10)} = 3,07$$

g. Kesimpulan

Nilai F_{hitung} pelumas merk = 1,52 < $F_{0,05(8,10)} = 3,07$; maka H_0 untuk pelumas merk diterima. Artinya, pemberian pelumas merk tidak berpengaruh pada kinerja mesin motor.

2. Aplikasi di bidang psikologi

Contoh penerapan di bidang psikologi ini diambil dari makalah yang ditulis oleh Garliah (repository.usu.ac.id, 2009) dan penelitian oleh McMorris (jtoomim.org/brain-training/mcmorris2005) dengan beberapa perubahan pada ilustrasinya. Data merupakan data fiktif karangan sendiri.

Sebuah penelitian di bidang psikologi dilakukan untuk mengetahui pengaruh *sleep deprivation* terhadap tubuh. *Sleep deprivation* adalah situasi dimana seorang individu tidak dapat mencapai waktu tidur lebih dari 6 jam per malam. Penyebab kurang tidur bisa dari dampak psikologis, fisik, atau gabungan keduanya. Walaupun selama ini masalah tidur tidak dianggap sebagai masalah yang besar, penelitian baru-baru ini menunjukkan bahwa masalah tidur dapat berdampak pada tubuh.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *sleep deprivation* terhadap ketahanan tangan. Peneliti menguji 9 level *sleep deprivation* pada 9 subjek penelitian. Subjek penelitian adalah laki-laki berusia 40-79 tahun. Masing-masing subjek penelitian memiliki level *sleep deprivation* yang berbeda. Subjek-subjek tersebut kemudian dikelompokkan, dimana satu kelompok terdiri dari 3 subjek dengan level *sleep deprivation* yang berbeda. Satu level *sleep deprivation* diulang sebanyak tiga kali pada kelompok yang berbeda, sehingga didapatkan 9 kelompok dengan masing-masing kelompok

terdiri dari 3 level *sleep deprivation*. Level *sleep deprivation* yang diteliti adalah A = 4 jam; B = 3,5 jam; C = 3 jam; D = 2,5 jam; E = 2 jam; F = 1,5 jam; G = 1 jam; H = 0,5 jam; dan I = 0 jam.

Penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut. Subjek duduk pada sebuah papan berukuran 69 cm x 47 cm x 4 cm dengan membawa sebuah tongkat penunjuk sepanjang 30 cm yang memiliki bagian siku pada ujungnya. Di depan subjek ditempatkan 8 piringan target dan 1 piringan utama. Piringan-piringan tersebut berukuran 3 cm. Piringan utama diletakkan tepat pada tengah papan. Piringan target disusun semi-sirkular mengelilingi piringan utama dengan jarak masing-masing 30 cm dari piringan utama.

Pertama, subjek menempatkan tongkat penunjuk pada piringan utama. Kemudian, subjek harus memindahkan ujung tongkat dari piringan utama ke sebarang piringan target dan kembali lagi ke piringan utama. Gerakan tersebut dilakukan berulang kali dengan target acak dan dihentikan pada saat bel penanda berbunyi. Bel penanda dibunyikan setiap 2 menit. Data pengamatannya adalah berapa banyak ujung tongkat yang siku menyentuh tepi piringan target selama 2 menit.

Tabel percobaan yang mungkin dapat dibuat dengan langkah sebagai berikut:

- a. Menganalisis parameter-parameter pada ilustrasi

Pada ilustrasi di atas didapatkan informasi bahwa banyak taraf perlakuan (a) = 9, banyak kelompok (b) = 9, banyak ulangan (r) = 3, dan banyak taraf perlakuan pada tiap kelompok (k) = 3.

b. Menentukan banyaknya n_1 dan n_2

Pada RAKTLSP(2) terdapat λ_1 dan λ_2 . Kemudian ditentukan bahwa $\lambda_1 = 1$ dan $\lambda_2 = 0$. Dari persamaan (3.1) diketahui bahwa

$$\sum_{i=1}^m n_i = a - 1, \text{ maka, } n_1 + n_2 = a - 1 = 8. \text{ Dari persamaan (3.2)}$$

diketahui bahwa $\sum_{i=1}^m n_i \lambda_i = r(k - 1)$, maka $n_1 = 6$. Karena $n_1 = 6$, maka $n_2 = 2$.

c. Menyusun tabel percobaan

Ambil taraf perlakuan A. Taraf perlakuan A muncul bersama pada kelompok yang sama atau 1^{st} *associate* dengan 6 taraf perlakuan lain ($n_1 = 6$) dan taraf perlakuan A tidak satu kelompok atau 2^{nd} *associate* dengan 2 taraf perlakuan lain ($n_2 = 2$). Dalam hal ini penulis memilih taraf perlakuan A 1^{st} *associate* dengan taraf perlakuan B, C, D, E, F, dan G serta taraf perlakuan A 2^{nd} *associate* dengan taraf perlakuan H dan I. Pemilihan taraf perlakuan yang berbeda akan menghasilkan tabel percobaan yang berbeda.

Setelah itu, taraf-taraf perlakuan ditempatkan dalam tabel seperti berikut ini:

Tabel 11. Penyusunan Tiga Kelompok Pertama
(Percobaan 2)

A	H	I
B	D	F
C	E	G

Dari Tabel 11, didapatkan 3 kelompok pertama yaitu (A, B, C),
(A, D, F), (A, E, G).

Langkah selanjutnya adalah membuat tabel penyusunan untuk
tiga kelompok kedua.

Tabel 12. Penyusunan Tiga Kelompok Kedua
(Percobaan 2)

A	H	I
B	D	F
C	E	G

Dari Tabel 12, didapatkan 3 kelompok kedua yaitu (H, B, E),
(H, D, G), (H, C, F).

Langkah selanjutnya adalah membuat tabel penyusunan untuk
tiga kelompok ketiga.

Tabel 13. Penyusunan Tiga Kelompok Kedua
(Percobaan 2)

A	H	I
B	D	F
C	E	G

Dari Tabel 13, didapatkan 3 kelompok ketiga yaitu (I, F, G), (I,
B, D), (I, C, E).

Berdasarkan tabel penyusunan kelompok di atas, maka
didapatkan tabel percobaan seperti berikut ini.

Tabel 14. Data Pengamatan Banyaknya Ujung Tongkat Menyentuh Tepi Piringan Target

Kelompok ke-	Banyak Tongkat Menyentuh Tepi Piringan Target		
1	(A) 9	(B) 4	(C) 8
2	(A) 14	(D) 9	(F) 4
3	(A) 15	(E) 8	(G) 9
4	(C) 9	(F) 6	(H) 25
5	(E) 7	(F) 5	(I) 20
6	(D) 10	(G) 8	(H) 20
7	(C) 12	(G) 10	(I) 20
8	(B) 5	(E) 8	(H) 15
9	(B) 3	(D) 16	(I) 14

Rancangan yang tepat untuk percobaan ini adalah RAKTLSP karena sesuai dengan definisi RAKTLSP dan asumsi analisis variansi untuk RAKTLSP dianggap terpenuhi. Unit percobaannya adalah individu atau manusia. Model pada percobaan ini adalah model tetap.

Model linear untuk percobaan di atas adalah:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad (3.28)$$

Dengan: $i = 1$ (*sleep deprivation level A*), 2 (*sleep deprivation level B*), 3 (*sleep deprivation level C*), 4 (*sleep deprivation level D*), 5 (*sleep deprivation level E*), 6 (*sleep deprivation level F*), 7 (*sleep deprivation level G*), 8 (*sleep deprivation level H*), 9 (*sleep deprivation level I*)

$j = 1$ (kelompok ke-1), 2 (kelompok ke-2), 3 (kelompok ke-3), 4 (kelompok ke-4), 5 (kelompok ke-5), 6

(kelompok ke-6), 7 (kelompok ke-7), 8 (kelompok ke-8), 9 (kelompok ke-9)

$$\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$$

Y_{ij} = banyak tongkat menyentuh tepi piringan target untuk *sleep deprivation* ke- i pada kelompok ke- j

μ = rata-rata umum

τ_i = pengaruh *sleep deprivation* ke- i

β_j = pengaruh kelompok ke- j

ε_{ij} = pengaruh acak *sleep deprivation* ke- i pada kelompok ke- j

Asumsi untuk model tetap adalah $\sum_{i=1}^a \tau_i = 0$ dan $\sum_{j=1}^b \beta_j = 0$

Association class dari percobaan di atas dapat disusun seperti tabel di bawah ini:

Tabel 15. *Association class* dari Percobaan 2

Taraf perlakuan	1 st <i>associate</i>	2 nd <i>associate</i>
1	2, 3, 4, 5, 6, 7	8, 9
2	1, 3, 4, 5, 8, 9	6, 7
3	1, 2, 6, 7 8, 9	4, 5
4	1, 2, 6, 7 8, 9	3, 5
5	1, 2, 6, 7 8, 9	3, 4
6	1, 3, 4, 5, 8, 9	2, 7
7	1, 3, 4, 5, 8, 9	2, 6
8	2, 3, 4, 5, 6, 7	1, 9
9	2, 3, 4, 5, 6, 7	1, 8

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, terlebih dahulu diselidiki apakah asumsi-asumsi dalam analisis variansi percobaan di atas

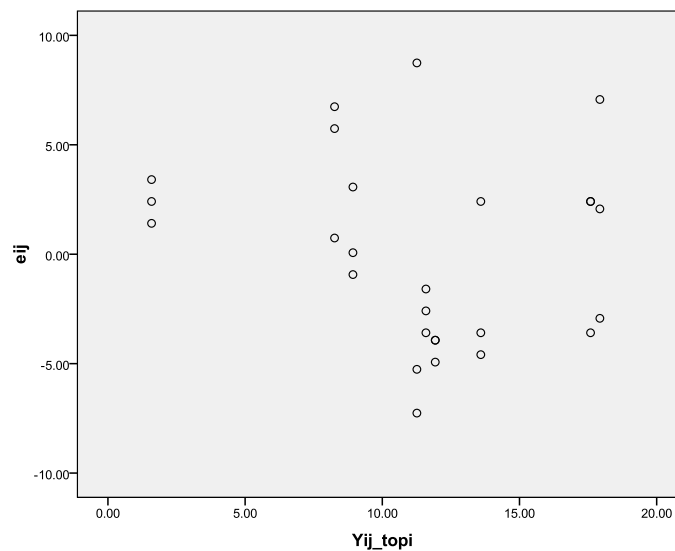
terpenuhi. Untuk melihat kebebasan dan kehomogenan galat percobaan, dibuat plot antara nilai dugaan galat (e_{ij}) dengan nilai dugaan respons (\hat{Y}_{ij}).

Pada RAKTLSP, perhitungan e_{ij} dan \hat{Y}_{ij} adalah sebagai berikut:

$$e_{ij} = Y_{ij} - \bar{Y}_{i.} - \bar{Y}_{.j} + \bar{Y}_{..} \quad (3.29)$$

$$\hat{Y}_{ij} = \bar{Y}_{i.} + \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}_{..} \quad (3.30)$$

Berdasarkan perhitungan e_{ij} dan \hat{Y}_{ij} pada data di atas, didapatkan plot sebagai berikut:

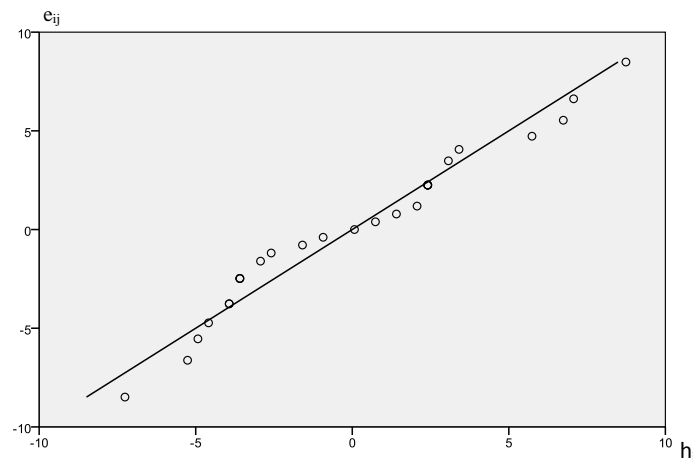


Gambar 4. Plot nilai dugaan galat (e_{ij}) dengan nilai dugaan respons (\hat{Y}_{ij})
Percobaan 2

Gambar di atas tidak membentuk suatu pola tertentu, maka dapat dikatakan bahwa galat percobaan cenderung saling bebas dan homogen.

Untuk melihat kenormalan galat percobaan, dibuat plot peluang normal antara nilai dugaan galat (e_{ij}) dengan $h_i = \sqrt{KTG} \left[z \left(\frac{i-0,375}{n+0,25} \right) \right]$.

Berdasarkan perhitungan untuk nilai e_{ij} dan h_i , didapatkan plot peluang normal untuk percobaan di atas seperti berikut ini:



Gambar 5. Plot Peluang Normal bagi e_{ij} dengan h_i
Percobaan 2

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa titik-titik amatan cenderung mengikuti garis diagonal. Maka, dapat dikatakan bahwa galat cenderung menyebar normal.

Karena asumsi-asumsi dalam anava sudah terpenuhi, maka dapat dilakukan pengujian hipotesis untuk percobaan di atas.

Pengujian hipotesis untuk percobaan di atas adalah sebagai berikut:

a. Hipotesis pengaruh perlakuan

$H_0: \tau_1 = \dots = \tau_9 = 0$ (*sleep deprivation* tidak berpengaruh terhadap ketahanan tangan)

$H_1: \exists \tau_i \neq 0, i = 1, \dots, 9$ (paling sedikit ada 1 level *sleep deprivation*

yang berpengaruh terhadap ketahanan tangan)

b. Taraf signifikansi: $\alpha = 0,05$

c. Statistik uji: $F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG}$

d. Kriteria keputusan:

H_0 pengaruh perlakuan ditolak jika $F_{hitung} > F_{\alpha(a-1, bk-b-a+1)}$

e. Perhitungan

Dari data didapatkan bahwa $a = b = 9, r = k = 3, \lambda_1 = 1, \lambda_2 = 0, n_1 = 6,$

$$n_2 = 2, p_{ij}^1 = \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 2 & 0 \end{pmatrix}, p_{ij}^2 = \begin{pmatrix} 6 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Berikut ini adalah tabel perhitungan analisis dari percobaan:

Tabel 16. Perhitungan Analisis dari Percobaan 2

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Level Sleep Deprivation	T_i	K_j	$\sum_{j=1}^b K_j$	$(\sum_{j=1}^b K_j)/k$	$Q_i = T_i - \frac{\sum_{j=1}^b K_j}{k}$	$\hat{\tau}_i$
1	38	21	80	26,67	11,33	33,37
2	12	27	82	27,33	-15,33	82,63
3	29	32	95	31,67	-2,67	2,37
4	35	40	98	32,67	2,33	3,76
5	23	32	92	30,67	-7,67	25,98
6	15	38	99	33,00	-18,00	121,00
7	27	34	104	34,67	-7,67	11,93
8	60	28	106	35,33	24,67	237,07
9	46	33	99	33,00	13,00	49,11

Keterangan:

- 1) Pada kolom (2), T_i adalah jumlah sentuhan tongkat pada tepi piringan target untuk taraf perlakuan level *sleep deprivation* ke- i .

Contoh: Jumlah sentuhan level *sleep deprivation* ke-1 (level A) yaitu $T_1 = 9 + 4 + 15 = 38$

- 2) Pada kolom (3), K_j adalah jumlah sentuhan tongkat para tepi piringan target untuk kelompok ke- j .

Contoh: Jumlah sentuhan pada kelompok ke-1 yaitu $K_1 = 9 + 4 + 8 = 21$

- 3) Pada kolom (4), $\sum_{j=1}^b K_j$ adalah jumlah sentuhan kelompok ke- j

dimana taraf perlakuan ke- i muncul.

Contoh: Jumlah sentuhan pada tepi piringan target untuk taraf perlakuan ke-1 (*sleep deprivation* level A) yang muncul

pada kelompok ke-1, 2, dan 3 adalah $\sum K_1 = 21 + 27 + 32 = 80$

- 4) Pada kolom (7), $\hat{\tau}_i$ dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\hat{\tau}_i = \frac{k\{B_2 Q_i - A_2 S_1(Q_i)\}}{(A_1 B_2 - A_2 B_1)}, i = 1, 2, \dots, a$$

dengan $A_1 = r(k-1) + \lambda = 3(3-1) = 6$

$$A_2 = \lambda_2 - \lambda_1 = 0 - 1 = -1$$

$$B_1 = (\lambda_2 - \lambda_1) p_{12}^2 = 0, \text{ dimana } p_{12}^2 = 0$$

$$B_2 = r(k-1) + \lambda_2 + (\lambda_2 - \lambda_1)(p_{11}^1 - p_{11}^2)$$

$$= 3 \times 2 + 0 + (-1)(3 - 6) = 9$$

$$A_1B_2 - A_2B_1 = 6 \times 9 - (-1)(0) = 54$$

$$\text{Maka, } \hat{\tau}_i = \frac{3\{9Q_i + S_1(Q_i)\}}{54} = \frac{Q_i}{2} + \frac{S_1(Q_i)}{18}, i = 1, 2, \dots, 9$$

$S_1(Q_i)$ = jumlah dari Q_i dengan taraf perlakuan yang 1st *associate* dengan taraf perlakuan ke- i .

Untuk menghitung $S_1(Q_i)$, maka *association class*-nya dapat dilihat pada tabel 16.

$$\begin{aligned} S_1(Q_1) &= Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 \\ &= -15,33 - 2,67 + 2,33 - 7,67 - 18,00 - 7,67 = -49,00 \\ S_1(Q_2) &= Q_1 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_8 + Q_9 \\ &= 11,33 - 2,67 + 2,33 - 7,67 + 24,67 + 13,00 = 41,00 \\ S_1(Q_3) &= Q_1 + Q_2 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 \\ &= 11,33 - 15,33 + 18,00 - 7,67 + 24,67 + 13,00 = 8,00 \\ S_1(Q_4) &= Q_1 + Q_2 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 \\ &= 11,33 - 15,33 + 18,00 - 7,67 + 24,67 + 13,00 = 8,00 \\ S_1(Q_5) &= Q_1 + Q_2 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 \\ &= 11,33 - 15,33 + 18,00 - 7,67 + 24,67 + 13,00 = 8,00 \\ S_1(Q_6) &= Q_1 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_8 + Q_9 \\ &= 11,33 - 2,67 + 2,33 - 7,67 + 24,67 + 13,00 = 41,00 \\ S_1(Q_7) &= Q_1 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_8 + Q_9 \\ &= 11,33 - 2,67 + 2,33 - 7,67 + 24,67 + 13,00 = 41,00 \\ S_1(Q_8) &= Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 \end{aligned}$$

$$= -15,33 - 2,67 + 2,33 - 7,67 - 18,00 - 7,67 = -49,00$$

$$S_1(Q_9) = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7$$

$$= -15,33 - 2,67 + 2,33 - 7,67 - 18,00 - 7,67 = -49,00$$

$$\text{Jumlah total} = Y_{..} = 9 + 14 + \dots + 15 + 14 = 285$$

$$\text{Banyak unit percobaan} = bk = 9 \times 3 = 27$$

$$\text{Rataan} = \bar{Y} = \frac{Y_{..}}{bk} = \frac{285}{27} = 10,56$$

$$\text{Banyak ulangan} (r) = 3$$

$$\text{Ukuran kelompok} (k) = 3$$

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{Y_{..}^2}{bk} = \frac{285^2}{27} = 3008,33$$

$$\text{JKP} = \sum_{i=1}^a \hat{\tau}_i Q_i = (2,94) \times 11,33 + (-5,39) \times (-15,33) + \dots + (3,78) \times 13,00 = 567,22$$

$$\text{JKK} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^b Y_{.j}^2 - FK = 3097 - 3008,33 = 88,67$$

$$\text{JKT} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - FK = (9^2 + 14^2 + \dots + 15^2 + 14^2) - 3008,33 = 758,67$$

$$\text{JKG} = \text{JKT} - \text{JKP} - \text{JKK} = 758,67 - 567,22 - 88,67 = 102,78$$

f. Tabel analisis variansi

Tabel 17. Tabel Analisis Variansi dari Percobaan Psikologi

Sumber Variansi (SV)	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F _{hitung}
Level <i>Sleep Deprivation</i>	8	567,22	70,90	6,90
Kelompok	8	88,67	11,08	-
Galat	10	102,78	10,28	-
Total	26	758,67	-	-

Nilai F pada tabel = $F_{0,05(8,10)} = 3,07$

g. Kesimpulan

Nilai F_{hitung} level *sleep deprivation* = $6,90 > F_{0,05(8,10)} = 3,07$; maka H_0 untuk level *sleep deprivation* ditolak. Artinya, paling sedikit ada 1 level *sleep deprivation* yang berpengaruh terhadap ketahanan tangan.

BAB IV PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan mengenai Rancangan Acak Kelompok Tak Lengkap Seimbang Parsial (RAKTLSP) dan Penerapannya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. RAKTLSP merupakan rancangan kelompok tak lengkap dengan a taraf perlakuan yang memiliki m -associate class, dimana taraf-taraf perlakuan tersebut dapat dikelompokkan menjadi b kelompok dengan masing-masing kelompok terdiri dari k perlakuan ($k < a$), sedemikian sehingga:
 - a. Setiap taraf perlakuan muncul paling banyak satu kali dalam satu kelompok.
 - b. Setiap taraf perlakuan muncul pada r kelompok.
 - c. Sebarang dua taraf perlakuan yang merupakan i^{th} associates muncul bersama dalam kelompok yang sama sebanyak λ_i kali.

Simbol a, b, k, r, λ_i ($i = 1, 2, \dots, m$) disebut dengan parameter dari rancangan.

Prosedur pengujian hipotesis (analisis variansi) dari RAKTLSP adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan hipotesis
- b. Menentukan taraf signifikansi
- c. Menentukan statistik uji
- d. Menentukan kriteria keputusan

e. Melakukan perhitungan:

- 1) Menghitung faktor koreksi dari jumlah kuadrat
- 2) Menentukan derajat bebas untuk sumber variansi
- 3) Menentukan kuadrat tengah dengan membagi jumlah kuadratnya dengan derajat bebas
- 4) Menghitung F hitung yang diperoleh dari hasil bagi Kuadrat Tengah Perlakuan dengan Kuadrat Tengah Galat.

f. Menyusun tabel analisis variansi

g. Menarik kesimpulan dari hasil yang diperoleh

2. Contoh penerapan RAKTLSP

Seperti pada pembahasan di BAB III, RAKTLSP dapat diterapkan pada beberapa bidang, antara lain:

a. Bidang otomotif

Diperoleh hasil hipotesis bahwa pemberian pelumas merk tertentu tidak berpengaruh terhadap kinerja mesin motor. Pelumas terdiri dari merk A, B, C, D, E, F, G, H, dan merk I.

b. Bidang psikologi

Diperoleh hasil dari pengujian hipotesis bahwa paling sedikit ada satu level *sleep deprivation* yang berpengaruh terhadap ketahanan tangan. Level *sleep deprivation* terdiri dari A = 4 jam; B = 3,5 jam; C = 3 jam; D = 2,5 jam; E = 2 jam; F = 1,5 jam; G = 1 jam; H = 0,5 jam; dan I = 0 jam.

B. Saran

Uji lanjut pada RAKTLSP belum dibahas. Untuk itu, bagi pembaca yang berminat dapat melakukan uji lanjut setelah analisis variansi pada RAKTLSP apabila hipotesis utama ternyata ditolak. Selain itu, bagi pembaca yang berminat dapat menuliskan pembahasan mengenai RAKTLSP(3) atau RAKTLSP(4).

DAFTAR PUSTAKA

- Cochran, W. G. & G. M. Cox. (1957). *Experimental Design*. New York: John Wiley and Sons, Inc..
- Das, M. N & N. C. Giri. (1979). *Design and Analysis of Experiments*. New Delhi: Wiley Eastern Limited.
- Dwivedi, Lokesh. (2007). *Partially Balanced Incomplete Block Design*. Diakses dari <http://www.iasri.res.in/seminar/AS-299/ebooks%5C2006-2007%5CMsc%5Ctrim2%5C1.%20Partially%20Balanced%20Incomplete%20Block%20Designs-%20Lokesh.pdf> pada tanggal 21 Februari 2014, jam 10.05 WIB.
- Garliah, L. (2009). *Pengaruh Tidur Bagi Perilaku Manusia*. Diakses dari <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/3647/3/09E01351.pdf.txt> pada tanggal 20 Februari 2014, jam 14.00 WIB.
- Gaspersz, Vincent. (1991). *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*. Bandung: Tarsito.
- Hanafiah, Kemas Ali. (2004). *Rancangan Percobaan: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Kempthorne, Oscar. (1962). *The Design and Analysis of Experiments*. London: John Wiley and Sons.
- McMorris, T. et al. (2006). *Effect of Creatine Supplementation and Sleep Deprivation, with Mild Exercise, on Cognitive and Psychomotor Performance, Mood State, and Plasma Concentrations of Catecholamines and Cortisol*. Diakses dari <http://jtoomim.org/brain-training/mcmorris2005-creatine-helps-sleep-deprivation.pdf> pada tanggal 21 Februari 2014, jam 14.30 WIB.
- Montgomery, D. C. (1976). *Design and Analysis of Experiments*. New York: John Wiley & Sons.
- Sharma, VK. (2000). *Partially Balanced Incomplete Block Design*. Diakses dari <http://www.iasri.res.in/iasriwebsite/DESIGNOFEXPAPPLICATION/Electronic-Book/Module%202/3PBIBD.pdf> pada tanggal 15 Februari 2014, jam 09.15 WIB.
- Sudjana. (1985). *Desain dan Analisis Eksperimen*. Bandung: Tarsito.

Walpole, Ronald E. (1993). *Pengantar Statistika Edisi ke-3*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

Yitnosumarto, Suntoyo. (1993). *Percobaan, Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Distribusi F pada Taraf 0.05 dan 0.01 (Baris atas untuk $\alpha = 0.05$ dan baris bawah untuk $\alpha = 0.01$)

V ₂ = dk Penyebut	V ₁ = dk pembilang																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	∞
1	161 4,062	200 4,999	216 5,403	225 5,625	230 5,764	234 5,859	237 5,928	239 5,981	241 6,022	242 6,056	243 6,082	244 6,106	245 6,142	246 6,169	248 6,208	249 6,234	250 6,258	251 6,286	252 6,302	253 6,323	253 6,334	254 6,352	254 6,361	254 6,366
2	18,51 98,49	19,00 99,00	19,16 99,17	19,25 99,25	19,30 99,30	19,33 99,33	19,36 99,34	19,37 99,36	19,38 99,38	19,39 99,40	19,4 99,41	19,41 99,42	19,42 99,43	19,43 99,44	19,44 99,45	19,45 99,46	19,46 99,47	19,47 99,48	19,47 99,48	19,48 99,49	19,49 99,49	19,49 99,49	19,50 99,50	19,50 99,50
3	10,13 34,12	9,55 30,81	9,28 29,46	9,12 28,71	9,01 28,24	8,94 27,91	8,88 27,67	8,84 27,49	8,81 27,34	8,78 27,23	8,76 27,13	8,74 27,06	8,71 26,92	8,69 26,83	8,66 26,69	8,64 26,60	8,62 26,50	8,60 26,41	8,58 26,35	8,57 26,27	8,56 26,23	8,54 26,18	8,54 26,14	8,53 26,12
4	7,71 21,20	6,94 18,00	6,59 16,69	6,39 15,98	6,26 15,52	6,16 15,21	6,09 14,98	6,04 14,80	6,00 14,66	5,96 14,54	5,93 14,45	5,91 14,37	5,87 14,24	5,84 14,15	5,80 14,02	5,77 13,93	5,74 13,83	5,71 13,74	5,70 13,69	5,68 13,61	5,66 13,57	5,65 13,52	5,64 13,48	5,63 13,46
5	6,61 16,26	5,79 13,27	5,41 12,06	5,19 11,39	5,05 10,97	4,95 10,67	4,88 10,45	4,82 10,27	4,78 10,15	4,74 10,05	4,70 9,96	4,68 9,89	4,64 9,77	4,60 9,68	4,56 9,55	4,53 9,47	4,50 9,38	4,46 9,29	4,44 9,24	4,42 9,17	4,40 9,13	4,38 9,07	4,37 9,04	4,36 9,02
6	5,99 13,74	5,14 10,92	4,76 9,78	4,53 9,15	4,39 8,75	4,28 8,47	4,21 8,26	4,15 8,10	4,10 7,98	4,06 7,87	4,03 7,79	4,00 7,72	3,96 7,60	3,92 7,52	3,87 7,39	3,84 7,31	3,81 7,23	3,77 7,14	3,75 7,09	3,72 7,02	3,71 6,99	3,69 6,94	3,68 6,90	3,67 6,88
7	5,59 12,25	4,74 9,55	4,35 8,45	4,14 7,85	3,97 8,46	3,87 8,19	3,79 7,00	3,73 6,84	3,68 6,71	3,63 6,62	3,60 6,54	3,57 6,47	3,51 6,35	3,49 6,27	3,44 6,15	3,41 6,07	3,38 5,98	3,34 5,90	3,32 5,85	3,29 5,78	3,28 5,75	3,25 5,70	3,24 5,67	3,23 5,65
8	5,32 11,26	4,46 8,65	4,07 7,59	3,84 7,01	3,69 6,63	3,58 6,37	3,50 6,19	3,44 6,03	3,39 5,91	3,34 5,82	3,31 5,74	3,28 5,67	3,23 5,56	3,20 5,48	3,15 5,36	3,12 5,28	3,08 5,20	3,05 5,11	3,03 5,06	3,00 5,00	2,98 4,96	2,96 4,91	2,94 4,88	2,93 4,86
9	5,12 10,56	4,26 8,02	3,86 6,99	3,63 6,42	3,48 6,06	3,37 5,80	3,29 5,62	3,23 5,47	3,18 5,35	3,13 5,26	3,10 5,18	3,07 5,11	3,02 5,00	2,98 4,92	2,93 4,80	2,90 4,73	2,86 4,64	2,82 4,56	2,80 4,51	2,77 4,45	2,76 4,41	2,73 4,36	2,72 4,33	2,71 4,31
10	4,96 10,04	4,10 7,56	3,71 6,55	3,48 5,99	3,33 5,64	3,22 5,39	3,14 5,21	3,07 5,06	3,02 4,95	2,97 4,85	2,94 4,78	2,91 4,71	2,86 4,60	2,82 4,52	2,77 4,41	2,74 4,33	2,70 4,25	2,67 4,17	2,64 4,12	2,61 4,05	2,59 4,01	2,56 3,96	2,55 3,93	2,54 3,91
11	4,84 9,65	3,98 7,20	3,59 6,22	3,36 5,67	3,20 5,32	3,09 5,07	3,01 4,88	2,95 4,74	2,90 4,63	2,86 4,54	2,82 4,46	2,79 4,40	2,74 4,29	2,70 4,21	2,65 4,10	2,61 4,02	2,57 3,94	2,53 3,86	2,50 3,80	2,47 3,74	2,45 3,70	2,42 3,66	2,41 3,62	2,40 3,60

$V_2 = dk$ Penyebut	$V_1 = dk$ pembilang																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	0
12	4,75 9,33	3,88 6,93	3,49 5,95	3,26 5,41	3,11 5,06	3,00 4,82	2,92 4,65	2,85 4,50	2,80 4,39	2,76 4,30	2,72 4,22	2,69 4,16	2,64 4,05	2,60 3,98	2,54 3,86	2,50 3,78	2,46 3,70	2,42 3,61	2,40 3,56	2,36 3,49	2,35 3,46	2,32 3,41	2,31 3,38	2,30 3,36
13	4,67 9,07	3,80 6,71	3,41 5,74	3,18 5,20	3,02 4,86	2,92 4,62	2,84 4,44	2,77 4,30	2,72 4,19	2,67 4,10	2,63 4,02	2,60 3,96	2,55 3,85	2,51 3,78	2,46 3,67	2,42 3,59	2,38 3,51	2,34 3,42	2,32 3,37	2,28 3,30	2,26 3,27	2,24 3,21	2,22 3,18	2,21 3,16
14	4,60 8,86	3,74 6,51	3,34 5,56	3,11 5,03	2,96 4,69	2,85 4,46	2,77 4,28	2,70 4,14	2,65 4,03	2,60 3,94	2,56 3,86	2,53 3,80	2,48 3,70	2,44 3,62	2,39 3,51	2,35 3,43	2,31 3,34	2,27 3,26	2,24 3,21	2,21 3,14	2,19 3,11	2,16 3,06	2,14 3,02	2,13 3,00
15	4,54 8,68	3,68 6,36	3,29 5,42	3,06 4,89	2,90 4,56	2,79 4,32	2,70 4,14	2,64 4,00	2,59 3,89	2,55 3,80	2,51 3,73	2,48 3,67	2,43 3,56	2,39 3,48	2,33 3,36	2,29 3,29	2,25 3,20	2,21 3,12	2,18 3,07	2,15 3,00	2,12 2,97	2,10 2,92	2,08 2,89	2,07 2,87
16	4,49 8,53	3,63 6,23	3,24 5,29	3,01 4,77	2,85 4,44	2,74 4,20	2,66 4,03	2,59 3,89	2,54 3,78	2,49 3,69	2,45 3,61	2,42 3,55	2,37 3,45	2,33 3,37	2,28 3,25	2,24 3,18	2,20 3,10	2,16 3,01	2,13 2,96	2,09 2,89	2,07 2,86	2,04 2,79	2,02 2,76	2,01 2,70
17	4,45 8,40	3,59 6,11	3,20 5,18	2,96 4,67	2,81 4,34	2,70 4,10	2,62 3,93	2,55 3,79	2,50 3,68	2,45 3,59	2,41 3,52	2,38 3,45	2,33 3,35	2,29 3,27	2,23 3,16	2,19 3,08	2,15 3,00	2,11 2,92	2,08 2,86	2,04 2,79	2,02 2,76	1,99 2,70	1,97 2,67	1,96 2,65
18	4,41 8,28	3,55 6,01	3,16 5,09	2,93 4,58	2,77 4,25	2,66 4,01	2,58 3,85	2,51 3,71	2,46 3,60	2,41 3,51	2,37 3,44	2,34 3,37	2,29 3,27	2,25 3,19	2,19 3,07	2,15 3,00	2,11 2,91	2,07 2,83	2,04 2,78	2,00 2,71	1,98 2,68	1,95 2,62	1,93 2,59	1,92 2,57
19	4,38 8,18	3,52 5,93	3,13 5,01	2,90 4,50	2,74 4,17	2,63 3,94	2,55 3,77	2,48 3,63	2,43 3,52	2,38 3,43	2,34 3,36	2,31 3,30	2,26 3,19	2,21 3,12	2,15 3,00	2,11 2,92	2,07 2,84	2,02 2,76	2,00 2,70	1,96 2,63	1,94 2,60	1,91 2,54	1,90 2,51	1,88 2,49
20	4,35 8,10	3,49 5,85	3,10 4,94	2,87 4,43	2,71 4,1	2,60 3,87	2,52 3,71	2,45 3,56	2,40 3,45	2,36 3,37	2,31 3,30	2,28 3,23	2,23 3,13	2,18 3,05	2,12 2,94	2,08 2,86	2,04 2,77	1,99 2,69	1,96 2,63	1,92 2,56	1,90 2,53	1,87 2,47	1,85 2,44	1,84 2,42
21	4,32 8,02	3,47 5,78	3,07 4,87	2,84 4,37	2,68 4,04	2,57 3,81	2,49 3,65	2,42 3,51	2,37 3,40	2,32 3,31	2,28 3,24	2,25 3,17	2,20 3,07	2,15 2,99	2,09 2,88	2,05 2,80	2,00 2,72	1,96 2,63	1,93 2,58	1,89 2,51	1,87 2,47	1,84 2,42	1,82 2,38	1,81 2,36
22	4,30 7,94	3,44 5,72	3,05 4,82	2,82 4,31	2,66 3,99	2,55 3,76	2,47 3,59	2,40 3,45	2,35 3,35	2,30 3,26	2,26 3,18	2,23 3,12	2,18 3,02	2,13 2,94	2,07 2,83	2,03 2,75	1,98 2,67	1,93 2,58	1,91 2,53	1,87 2,46	1,84 2,42	1,81 2,37	1,80 2,33	1,78 2,31
23	4,28 7,88	3,42 5,66	3,03 4,76	2,80 4,26	2,64 3,94	2,53 3,71	2,45 3,54	2,38 3,41	2,32 3,30	2,28 3,21	2,24 3,14	2,20 3,07	2,14 2,97	2,10 2,89	2,04 2,78	2,00 2,70	1,96 2,62	1,91 2,53	1,88 2,48	1,84 2,41	1,82 2,37	1,79 2,32	1,77 2,28	1,76 2,26
24	4,26 7,82	3,40 5,61	3,01 4,72	2,78 4,22	2,62 3,90	2,51 3,67	2,43 3,50	2,36 3,36	2,30 3,25	2,26 3,17	2,22 3,09	2,18 3,03	2,13 2,93	2,09 2,85	2,02 2,74	1,98 2,66	1,94 2,58	1,89 2,49	1,86 2,44	1,82 2,36	1,80 2,33	1,76 2,27	1,74 2,23	1,73 2,21

V ₂ = dk Penyebut	V ₁ = dk pembilang																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	0
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,41	2,34	2,28	2,24	2,20	2,16	2,11	2,06	2,00	1,96	1,92	1,87	1,84	1,80	1,77	1,74	1,72	1,71
	7,77	5,57	4,68	4,18	3,86	3,63	3,46	3,32	3,21	3,13	3,05	2,99	2,89	2,81	2,70	2,62	2,54	2,45	2,40	2,32	2,29	2,23	2,19	2,17
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,10	2,05	1,99	1,95	1,90	1,85	1,82	1,78	1,76	1,72	1,70	1,69
	7,72	5,53	4,64	4,14	3,82	3,59	3,42	3,29	3,17	3,09	3,02	2,96	2,86	2,77	2,66	2,58	2,50	2,41	2,36	2,28	2,25	2,19	2,15	2,13
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,30	2,25	2,20	2,16	2,13	2,08	2,03	1,97	1,93	1,88	1,84	1,80	1,76	1,74	1,71	1,68	1,67
	7,68	5,49	4,60	4,11	3,79	3,56	3,39	3,26	3,14	3,06	2,98	2,93	2,83	2,74	2,63	2,55	2,47	2,38	2,33	2,25	2,21	2,16	2,12	2,10
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15	2,12	2,06	2,02	1,96	1,91	1,87	1,81	1,78	1,75	1,72	1,69	1,67	1,65
	7,64	5,45	4,57	4,07	3,76	3,53	3,36	3,23	3,11	3,03	2,95	2,90	2,80	2,71	2,60	2,52	2,44	2,35	2,30	2,22	2,18	2,13	2,09	2,06
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,14	2,10	2,05	2,00	1,94	1,90	1,85	1,80	1,77	1,73	1,71	1,68	1,65	1,64
	7,60	5,42	4,54	4,04	3,73	3,50	3,33	3,20	3,08	3,00	2,92	2,87	2,77	2,68	2,57	2,49	2,41	2,32	2,27	2,19	2,15	2,10	2,06	2,03
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,34	2,27	2,21	2,16	2,12	2,09	2,04	1,99	1,93	1,89	1,84	1,79	1,76	1,72	1,69	1,66	1,64	1,62
	7,56	5,39	4,51	4,02	3,70	3,47	3,30	3,17	3,06	2,98	2,90	2,84	2,74	2,66	2,55	2,47	2,38	2,29	2,24	2,16	2,13	2,07	2,03	2,01
32	4,15	3,30	2,90	2,67	2,51	2,40	2,32	2,25	2,19	2,14	2,10	2,07	2,02	1,97	1,91	1,86	1,82	1,76	1,74	1,69	1,67	1,64	1,61	1,59
	7,50	5,34	4,46	3,97	3,66	3,42	3,25	3,12	3,01	2,94	2,86	2,80	2,70	2,62	2,51	2,42	2,34	2,25	2,20	2,12	2,08	2,02	1,98	1,96
34	4,13	3,28	2,88	2,65	2,49	2,38	2,30	2,23	2,17	2,12	2,08	2,05	2,00	1,95	1,89	1,84	1,80	1,74	1,71	1,67	1,64	1,61	1,59	1,57
	7,44	5,29	4,42	3,93	3,61	3,38	3,21	3,08	2,97	2,89	2,82	2,76	2,66	2,58	2,47	2,38	2,30	2,21	2,15	2,08	2,04	1,98	1,94	1,91
36	4,11	3,26	2,86	2,63	2,48	2,36	2,28	2,21	2,15	2,10	2,06	2,03	1,98	1,93	1,87	1,82	1,78	1,72	1,69	1,65	1,62	1,59	1,56	1,55
	7,39	5,25	4,38	3,89	3,58	3,35	3,18	3,04	2,94	2,86	2,78	2,72	2,62	2,54	2,43	2,35	2,26	2,17	2,12	2,04	2,00	1,94	1,9	1,87
38	4,10	3,25	2,85	2,62	2,46	2,35	2,26	2,19	2,14	2,09	2,05	2,02	1,96	1,92	1,85	1,80	1,76	1,71	1,67	1,63	1,6	1,57	1,54	1,53
	7,35	5,21	4,34	3,86	3,54	3,32	3,15	3,02	2,91	2,82	2,75	2,69	2,59	2,51	2,40	2,32	2,22	2,14	2,08	2,00	1,97	1,90	1,86	1,84
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,07	2,04	2,00	1,95	1,90	1,84	1,79	1,74	1,69	1,66	1,61	1,59	1,55	1,53	1,51
	7,31	5,18	4,31	3,83	3,51	3,29	3,12	2,99	2,88	2,80	2,73	2,66	2,56	2,49	2,37	2,29	2,20	2,11	2,05	1,97	1,94	1,88	1,84	1,81
42	4,07	3,22	2,83	2,59	2,44	2,32	2,24	2,17	2,11	2,06	2,02	1,99	1,94	1,89	1,82	1,78	1,73	1,68	1,64	1,6	1,57	1,54	1,51	1,49
	7,27	5,15	4,29	3,80	3,49	3,26	3,10	2,96	2,86	2,77	2,70	2,64	2,54	2,46	2,35	2,26	2,17	2,08	2,02	1,94	1,91	1,85	1,80	1,78
44	4,06	3,21	2,82	2,58	2,43	2,31	2,23	2,16	2,10	2,05	2,01	1,98	1,92	1,88	1,81	1,76	1,72	1,66	1,63	1,58	1,56	1,52	1,50	1,48
	7,24	5,12	4,26	3,78	3,46	3,24	3,07	2,94	2,84	2,75	2,68	2,62	2,52	2,44	2,32	2,24	2,15	2,06	2,00	1,92	1,88	1,82	1,78	1,75
46	4,05	3,20	2,81	2,57	2,42	2,30	2,22	2,14	2,09	2,04	2,00	1,97	1,91	1,87	1,80	1,75	1,71	1,65	1,62	1,57	1,54	1,51	1,48	1,46
	7,21	5,10	4,24	3,76	3,44	3,22	3,05	2,92	2,82	2,73	2,66	2,60	2,50	2,42	2,30	2,22	2,13	2,04	1,98	1,90	1,86	1,80	1,76	1,72

V ₂ = dk	V ₁ = dk pembilang																							
Penyebut	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	500	0
48	4,04	3,19	2,80	2,56	2,41	2,30	2,21	2,14	2,08	2,03	1,99	1,96	1,90	1,86	1,79	1,74	1,70	1,64	1,61	1,56	1,53	1,50	1,47	1,45
	7,19	5,06	4,22	3,74	3,42	3,20	3,04	2,90	2,80	2,71	2,64	2,58	2,48	2,40	2,28	2,20	2,11	2,02	1,96	1,88	1,84	1,78	1,73	1,70
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,20	2,13	2,07	2,02	1,98	1,95	1,90	1,85	1,78	1,74	1,69	1,63	1,60	1,55	1,52	1,48	1,46	1,44
	7,17	5,06	4,20	3,72	3,41	3,18	3,02	2,88	2,78	2,70	2,62	2,56	2,46	2,39	2,26	2,18	2,10	2,00	1,94	1,86	1,82	1,76	1,71	1,68
55	4,02	3,17	2,78	2,54	2,38	2,27	2,18	2,11	2,05	2,00	1,97	1,93	1,88	1,83	1,76	1,72	1,67	1,61	1,58	1,52	1,50	1,46	1,43	1,41
	7,12	5,01	4,16	3,68	3,37	3,15	2,98	2,85	2,75	2,66	2,59	2,53	2,43	2,35	2,23	2,15	2,06	1,96	1,90	1,82	1,78	1,71	1,66	1,64
60	4,00	3,15	2,76	2,52	2,37	2,25	2,17	2,10	2,04	1,99	1,95	1,92	1,86	1,81	1,75	1,70	1,65	1,59	1,56	1,50	1,48	1,44	1,41	1,39
	7,08	4,98	4,13	3,65	3,34	3,12	2,95	2,82	2,72	2,63	2,56	2,50	2,40	2,32	2,20	2,12	2,03	1,93	1,87	1,79	1,74	1,68	1,63	1,60
65	3,99	3,14	2,75	2,51	2,36	2,24	2,15	2,08	2,02	1,98	1,94	1,90	1,85	1,80	1,73	1,68	1,63	1,57	1,54	1,49	1,46	1,42	1,39	1,37
	7,04	4,95	4,10	3,62	3,31	3,09	2,93	2,79	2,70	2,61	2,54	2,47	2,37	2,30	2,18	2,09	2,00	1,90	1,84	1,76	1,71	1,64	1,60	1,56
70	3,98	3,13	2,74	2,50	2,35	2,23	2,14	2,07	2,01	1,97	1,93	1,89	1,84	1,79	1,72	1,67	1,62	1,56	1,53	1,47	1,45	1,40	1,37	1,35
	7,01	2,92	4,06	3,60	3,29	3,07	2,91	2,77	2,67	2,59	2,51	2,45	2,35	2,28	2,15	2,07	1,98	1,88	1,82	1,74	1,69	1,62	1,56	1,53
80	3,96	3,11	2,72	2,48	2,33	2,21	2,12	2,05	1,99	1,95	1,91	1,88	1,82	1,77	1,70	1,65	1,60	1,54	1,51	1,45	1,42	1,38	1,35	1,32
	6,96	4,88	4,04	3,56	3,25	3,04	2,87	2,74	2,64	2,55	2,48	2,41	2,32	2,24	2,11	2,03	1,94	1,84	1,78	1,70	1,65	1,57	1,52	1,49
100	3,94	3,09	2,70	2,46	2,30	2,19	2,10	2,03	1,97	1,92	1,88	1,85	1,79	1,75	1,68	1,63	1,57	1,51	1,48	1,42	1,39	1,34	1,30	1,28
	6,90	4,82	3,98	3,51	3,20	2,99	2,82	2,69	2,59	2,51	2,43	2,36	2,26	2,19	2,06	1,98	1,89	1,79	1,73	1,64	1,59	1,51	1,46	1,43
125	3,92	3,07	2,68	2,44	2,29	2,17	2,08	2,01	1,95	1,90	1,85	1,83	1,77	1,72	1,65	1,60	1,55	1,49	1,45	1,39	1,36	1,31	1,27	1,25
	6,84	4,78	3,94	3,47	3,17	2,95	2,79	2,65	2,56	2,47	2,40	2,33	2,23	2,15	2,03	1,94	1,85	1,75	1,68	1,59	1,54	1,46	1,40	1,37
150	3,91	3,06	2,67	2,43	2,27	2,16	2,07	2,00	1,94	1,89	1,85	1,82	1,76	1,71	1,64	1,59	1,54	1,47	1,44	1,37	1,34	1,20	1,25	1,22
	6,81	4,75	3,91	3,44	3,14	2,92	2,76	2,62	2,53	2,44	2,37	2,30	2,2	2,12	2,00	1,91	1,83	1,72	1,66	1,56	1,51	1,43	1,37	1,33
200	3,89	3,04	2,65	2,41	2,26	2,14	2,05	1,98	1,92	1,87	1,83	1,8	1,74	1,69	1,62	1,57	1,52	1,45	1,42	1,35	1,32	1,26	1,22	1,19
	6,76	4,71	3,88	3,41	3,11	2,9	2,73	2,60	2,50	2,41	2,34	2,28	2,17	2,09	1,97	1,88	1,79	1,69	1,62	1,53	1,48	1,39	1,33	1,28
400	3,86	3,02	2,62	2,39	2,23	2,12	2,03	1,96	1,90	1,85	1,81	1,78	1,72	1,67	1,60	1,54	1,49	1,42	1,38	1,32	1,28	1,22	1,16	1,13
	6,70	4,66	3,83	3,36	3,06	2,85	2,69	2,55	2,46	2,37	2,29	2,23	2,12	2,04	1,92	1,84	1,74	1,64	1,57	1,47	1,42	1,32	1,24	1,19
1000	3,85	3,00	2,61	2,38	2,22	2,10	2,02	1,95	1,89	1,84	1,80	1,76	1,70	1,65	1,58	1,53	1,47	1,41	1,36	1,30	1,26	1,19	1,13	1,08
	6,66	4,62	3,80	3,34	3,04	2,82	2,66	2,53	2,43	2,34	2,26	2,20	2,09	2,01	1,89	1,81	1,71	1,61	1,54	1,44	1,38	1,28	1,19	1,11
?	3,84	2,99	2,60	2,37	2,21	2,09	2,01	1,94	1,88	1,83	1,79	1,75	1,69	1,64	1,57	1,52	1,46	1,40	1,35	1,28	1,24	1,17	1,11	1,00
	6,64	4,60	3,78	3,32	3,02	2,80	2,64	2,51	2,41	2,32	2,24	2,18	2,07	1,99	1,87	1,79	1,69	1,59	1,52	1,41	1,36	1,25	1,15	1,00

Tabel Perhitungan Percobaan 1

i	Y_{ij}	\hat{Y}_{ij}	e_{ij}	$(i-0,375)/(n+0,25)$	$z[(i-0,375)/(n+0,25)]$	h_i
1	48	51.74	-3.74	0.02	-2.05	-6.50
2	54	51.74	2.26	0.06	-1.55	-4.91
3	31	51.74	-20.74	0.10	-1.28	-4.06
4	35	23.74	11.26	0.13	-1.12	-3.55
5	45	23.74	21.26	0.17	-0.95	-3.01
6	27	23.74	-9.74	0.21	-0.8	-2.54
7	59	44.74	14.26	0.24	-0.7	-2.22
8	52	44.74	7.26	0.28	-0.58	-1.84
9	35	44.74	-9.74	0.32	-0.46	-1.46
10	51	53.74	-2.74	0.35	-0.38	-1.20
11	40	53.74	-13.74	0.39	-0.27	-0.86
12	61	53.74	7.26	0.43	-0.17	-0.54
13	42	61.41	-19.41	0.46	-0.1	-0.32
14	61	61.41	-0.41	0.50	0	0.00
15	48	61.41	-13.41	0.54	0.11	0.35
16	55	57.74	-2.74	0.57	0.18	0.57
17	62	54.74	4.26	0.61	0.28	0.89
18	47	54.74	-10.74	0.65	0.39	1.24
19	33	50.41	-17.41	0.68	0.47	1.49
20	42	50.41	-8.41	0.72	0.59	1.87
21	46	50.41	-4.41	0.76	0.71	2.25
22	56	54.74	1.26	0.79	0.81	2.57
23	56	54.74	1.26	0.83	0.96	3.04
24	58	54.74	3.26	0.87	1.13	3.58
25	51	33.07	17.93	0.90	1.29	4.09
26	53	33.07	19.93	0.94	1.56	4.95
27	46	33.07	12.93	0.98	2.06	6.53

Tabel Perhitungan Percobaan 2

i	Y_{ij}	\hat{Y}_{ij}	e_{ij}	$(i-0,375)/(n+0,25)$	$z[(i-0,375)/(n+0,25)]$	h_i
1	9	8.26	0.74	0.02	-2.05	-6.58
2	14	8.26	5.74	0.06	-1.55	-4.98
3	15	8.26	6.74	0.10	-1.28	-4.11
4	4	1.59	2.41	0.13	-1.12	-3.60
5	5	1.59	3.41	0.17	-0.95	-3.05
6	3	1.59	1.41	0.21	-0.8	-2.57
7	8	8.93	-0.93	0.24	-0.7	-2.25
8	9	8.93	0.07	0.28	-0.58	-1.86
9	12	8.93	3.07	0.32	-0.46	-1.48
10	9	13.59	-4.59	0.35	-0.38	-1.22
11	10	13.59	-3.59	0.39	-0.27	-0.87
12	16	13.59	2.41	0.43	-0.17	-0.55
13	8	11.93	-3.93	0.46	-0.1	-0.32
14	7	11.93	-4.93	0.50	0	0.00
15	8	11.93	-3.93	0.54	0.11	0.35
16	4	11.26	-7.26	0.57	0.18	0.58
17	6	11.26	-5.26	0.61	0.28	0.90
18	20	11.26	8.74	0.65	0.39	1.25
19	9	11.59	-2.59	0.68	0.47	1.51
20	8	11.59	-3.59	0.72	0.59	1.89
21	10	11.59	-1.59	0.76	0.71	2.28
22	25	17.93	7.07	0.79	0.81	2.60
23	20	17.93	2.07	0.83	0.96	3.08
24	15	17.93	-2.93	0.87	1.13	3.63
25	20	17.59	2.41	0.90	1.29	4.14
26	20	17.59	2.41	0.94	1.56	5.01
27	14	17.59	-3.59	0.98	2.06	6.61